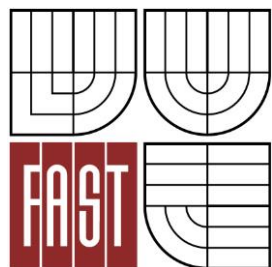




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF ROAD STRUCTURES

OPTIMALIZACE VYBRANÝCH NÁVRHOVÝCH PRVKŮ ČSN PRO PROJEKTOVÁNÍ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

SELECTED ČSN ROAD DESIGN ELEMENTS OPTIMIZATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. JAKUB STRÁNSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL KOSŇOVSKÝ

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav pozemních komunikací

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Jakub Stránský
Název	Optimalizace vybraných návrhových prvků ČSN pro projektování pozemních komunikací
Vedoucí diplomové práce	Ing. Michal Kosňovský
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2014
Datum odevzdání diplomové práce	16. 1. 2015
V Brně dne 31. 3. 2014	

.....
doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- Příslušné ČSN a zahraniční normy
- Technické podmínky

Zásady pro vypracování

Předmětem práce je srovnání návrhových prvků českých norem pro projektování pozemních komunikací s normami ve vybraných zahraničních zemích. Na základě srovnání, a po dohodě s vedoucím práce, bude navržena optimalizace návrhových prvků trasy s ohledem jak na bezpečnost a komfort dopravy, tak i na efektivitu návrhu.

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....
Ing. Michal Kosňovský
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Diplomová práce se zaměřuje na optimalizaci návrhových hodnot oblouků směrového řešení pozemních komunikací. Zabývá se porovnáním hodnot mezi českou a zahraničními normami a příčinami rozdílů. Praktická část zkoumá hodnoty skutečné rychlosti vozidel projíždějících oblouky o různých parametrech, které byly naměřeny při měření na vybraných obloucích během roku 2014. Z nich jsou odvozeny nové návrhové hodnoty, které by mohly být užívány pro návrh směrového řešení.

Klíčová slova

Návrhové hodnoty, rychlost, poloměr, oblouk, příčný sklon, příčné tření, směrový úhel, směrové řešení

Abstract

The master's thesis focuses on the optimization of the design values of curves of the horizontal alignments of the roads. It deals with the comparison of values between czech and foreign standards and differences between them. The practical part examines the values of the real speeds of vehicles passing through the curves of various parameters that were measured during measurements of selected curves during 2014. From these data a new design values are derived that could be used for the design of horizontal alignments.

Keywords

Design values, speed, radius, curve, superelevation, side-friction, direction angle, horizontal alignment

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Jakub Stránský *Optimalizace vybraných návrhových prvků ČSN pro projektování pozemních komunikací*. Brno, 2014. 135 s., Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací. Vedoucí práce Ing. Michal Kosňovský

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10.1.2015

.....
podpis autora
Bc. Jakub Stránský

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10.1.2015

.....
podpis autora
Bc. Jakub Stránský

Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Michalovi Kosňovskému za cenné rady. Také bych poděkoval Ing. Radce Matuszkové za ochotu, odborné konzultace a dobré rady, které přispěly k dokončení této práce.

OBSAH

1	ÚVOD.....	- 11 -
2	NÁVRHOVÉ PRVKY A RYCHLOSTI V ČSN	- 12 -
2.1	TYPY RYCHLOSTÍ.....	- 12 -
2.1.1	Návrhová rychlost.....	- 12 -
2.1.2	Směrodatná rychlost.....	- 13 -
2.2	SMĚROVÉ OBLOUKY	- 14 -
2.3	SKLONY KOMUNIKACE	- 16 -
2.3.1	Příčný sklon	- 16 -
2.3.2	Dostředný sklon	- 16 -
2.3.3	Podélný sklon	- 16 -
2.3.4	Výsledný sklon	- 16 -
2.4	POLOMĚRY SMĚROVÝCH OBLOUKŮ	- 17 -
2.4.1	Minimální poloměr proti překlopení vozidla.....	- 17 -
2.4.2	Minimální poloměr proti usmýknutí vozidla	- 18 -
2.4.3	Nejmenší poloměr R_0 dle ČSN.....	- 19 -
2.4.4	Poloměry nevyžadující dostředný sklon	- 19 -
2.4.5	Použití čistě kružnicového oblouku	- 20 -
2.5	VLIV PARAMETRŮ NA VELIKOST SMĚROVÝCH OBLOUKŮ	- 20 -
3	NÁVRH SMĚROVÝCH OBLOUKŮ V ZAHRANIČÍ	- 25 -
3.1	AUSTRÁLIE.....	- 25 -
3.1.1	Cílová rychlost (Target speed)	- 25 -
3.1.2	85% rychlost (Eighty-Fifth percentile speed).....	- 25 -
3.1.3	Požadovaná rychlost (Desired speed)	- 26 -
3.1.4	Rychlost prostředí (Speed environment).....	- 26 -
3.1.5	Maximální rychlost v oblouku (Limiting curve speed standard)	- 26 -
3.1.6	Design speed (návrhová rychlost).....	- 26 -
3.1.7	Výpočet minimálního poloměru.....	- 26 -
3.2	USA.....	- 28 -
3.3	ITÁLIE	- 29 -
3.4	DALŠÍ ZEMĚ.....	- 31 -
3.4.1	Německo	- 31 -
3.4.2	Švýcarsko	- 31 -
3.4.3	Švédsko	- 31 -
3.4.4	Velká Británie.....	- 32 -
3.5	SROVNÁNÍ	- 32 -
4	MĚŘENÍ SMĚROVÝCH OBLOUKŮ.....	- 36 -
4.1	METODIKA MĚŘENÍ.....	- 36 -
4.2	ZPRACOVÁNÍ DAT	- 37 -
4.3	VYBRANÉ SMĚROVÉ OBLOUKY	- 39 -
4.3.1	A01 - II/431 - Dubňany, okres Hodonín- km 35,0 – 1. měření.....	- 42 -
4.3.2	A01 - II/431 - Dubňany, okres Hodonín- km 35,0 – 2. měření.....	- 44 -
4.3.3	A02 - II/431 - Dubňany, okres Hodonín- km 33,9 – 1. měření.....	- 45 -
4.3.4	A02 - II/431 - Dubňany, okres Hodonín- km 33,9 – 2. měření.....	- 47 -
4.3.5	A03 - II/431 - Dubňany, okres Hodonín- km 33,3.....	- 48 -
4.3.6	A04 - II/381 - Borkovany, okres Břeclav - km 30,8.....	- 50 -
4.3.7	A05 - II/422 - Svatobořice-Mistřín, okres Hodonín - km 28,3.....	- 52 -
4.3.8	A06 - II/416 – Žatčany, okres Brno – venkov - km 13,9.....	- 54 -

4.3.9	A07 - III/4194 – Vážany nad Litavou, okres Vyškov - km 3,0	- 56 -
4.3.10	A08 - I/54 – Žarošice, okres Hodonín - km 11,4	- 58 -
4.3.11	A09 - I/54 – Nížkovice, okres Vyškov - km 6,8.....	- 60 -
4.3.12	B01 - II/416 – Židlochovice, okres Brno – venkov - km 28,4.....	- 62 -
4.3.13	B02 - II/381 – Velký Dvůr, okres Brno – venkov - km 2,5	- 64 -
4.3.14	B03 - II/381 – Velký Dvůr, okres Brno – venkov - km 2,2	- 66 -
4.3.15	C01 - II/386 – Veverské Knínice, okres Brno – venkov - km 20,0.....	- 68 -
4.3.16	C02 - II/386 – Veverské Knínice, okres Brno – venkov - km 18,6.....	- 70 -
4.3.17	C03 - II/386 – Veverské Knínice, okres Brno – venkov - km 16,6.....	- 72 -
4.3.18	C04 - II/386 – Chudčice, okres Brno – venkov - km 7,7	- 74 -
4.3.19	C05 - II/386 – Chudčice, okres Brno – venkov - km 7,5	- 76 -
4.3.20	C06 - II/386 – Kuřim, okres Brno – venkov - km 3,7.....	- 78 -
4.3.21	C07 - II/386 – Moravské Knínice, okres Brno – venkov - km 5,6	- 80 -
4.3.22	C08 - II/377 – Rohozec, okres Brno – venkov - km 6,8	- 82 -
4.3.23	C09 - II/377 – Rohozec, okres Brno – venkov - km 7,6	- 84 -
4.3.24	C10 - II/377 – Bukovice, okres Brno – venkov - km 9,7	- 86 -
4.3.25	C11 - II/377 – Žernovník, okres Blansko - km 13,9.....	- 88 -
4.3.26	C12 - II/376 – Lysice, okres Blansko - km 9,6	- 90 -
4.3.27	D01 - II/150 – Ludíkov, okres Blansko - km 102,3	- 92 -
4.3.28	D02 - II/150 – Ludíkov, okres Blansko - km 102,5	- 94 -
4.3.29	D03 - II/150 – Ludíkov, okres Blansko - km 102,8.....	- 96 -
4.3.30	D04 - II/377 – Niva, okres Prostějov - km 43,0.....	- 98 -
4.3.31	D05 - II/377 – Drahaný, okres Prostějov - km 47,1	- 100 -
4.3.32	D06 - II/150 – Malé Hradisko, okres Prostějov - km 113,0.....	- 102 -
4.3.33	D07 - II/150 – Malé Hradisko, okres Prostějov - km 113,5.....	- 104 -
4.3.34	A10 - II/381 – Vranovice, okres Brno - venkov - km 10,6.....	- 106 -
4.3.35	A11 - II/381 – Vranovice, okres Brno - venkov - km 10,3.....	- 108 -
4.3.36	A12 - II/381 – Vranovice, okres Brno - venkov - km 9,9	- 110 -
4.3.37	A13 - II/381 – Vranovice, okres Brno - venkov - km 9,8	- 112 -
5	VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ.....	- 114 -
5.1	ZÁVISLOST RYCHLOSTI NA POLOMĚRU	- 115 -
5.2	ZÁVISLOST PŘÍČNÉHO SKLONU NA POLOMĚRU	- 119 -
5.3	ZÁVISLOST PODÉLNÉHO SKLONU NA POLOMĚRU	- 120 -
5.4	ZÁVISLOST SMĚROVÉHO ÚHLU NA POLOMĚRU	- 121 -
5.5	POROVNÁNÍ HODNOT S ČSN NORMOU	- 122 -
6	ZÁVĚR.....	- 125 -
7	SEZNAM LITERATURY.....	- 129 -
8	SEZNAM ZKRATEK.....	- 127 -
9	SEZNAM OBRÁZKŮ	- 130 -
10	SEZNAM TABULEK.....	- 132 -
11	SEZNAM GRAFŮ.....	- 134 -

1 ÚVOD

Při návrhu pozemních komunikací v extravilánu se užívá normy ČSN 73 6101. V této normě je obsaženo mimo jiné, kdy a jaké návrhové prvky směrového řešení užívat. Výběr závisí na mnoha parametrech a zvolit ten správný, aby byla zachována plynulost a bezpečnost dopravy, ale aby zároveň byla trasa hospodárná s ohledem na území a finance, bývá často pro projektanta těžkým oříškem.

Předmětem řešení diplomové práce je v teoretické části srovnání návrhových parametrů směrových oblouků s vybranými zahraničními normami, kde je práce zaměřena na rozdíly hodnot jak směrových oblouků, tak dalších parametrů, které s nimi souvisejí. V praktické části je potom vyhodnoceno měření oblouků s různými parametry, které probíhalo na vybraných obloucích během roku 2014, kdy byly měřeny rychlosti vozidel projíždějící obloukem.

Cílem mé diplomové práce je ověření předpokladu předimenzování hodnot poloměrů směrových oblouků. Tento předpoklad bude dokazován pomocí měření reálných rychlostí ve směrových obloucích o různých poloměrech.

Výsledky projektu jsou součástí projektu Technologické agentury ČR TA02030548 Aktualizace návrhových prvků pozemních komunikací v extravilánu.

2 NÁVRHOVÉ PRVKY A RYCHLOSTI V ČSN

Základním nástrojem pro projektování pozemních komunikací jsou v České republice České technické normy, jmenovitě pro extravilán je to ČSN 73 6101 – Projektování silnic a dálnic, pro intravilán potom ČSN 73 6110 – Projektování místních komunikací. V další části, vzhledem k tématu práce, se budu zabývat pouze normou ČSN 73 6101 pro extravilán. Norma vyšla v říjnu roku 2004, první oprava byla provedena v květnu 2005, první změna poté v lednu 2009. Poslední aktualizací normy je změna č. 2 z roku 2013.

Norma obsahuje jak vysvětlení různých druhů rychlostí, tak případy použití návrhových parametrů trasy. Dále zde jsou uvedeny limitní (minimální nebo maximální) hodnoty pro návrh prvků trasy a například při navrhování dálnice a rychlostní komunikace mají být uvedené hodnoty (např. poloměry oblouků) vhodně zvyšovány oproti směrově nerozděleným komunikacím, aby byly zajištěny optimální provozní podmínky. Návrhové prvky se navrhují na návrhovou rychlost (v_n) a poté se posuzuje, zda vyhoví na rychlost směrodatnou. Hodnoty návrhových prvků jsou v tabulkách uváděny pro rychlosti v rozpětí 10 km/h.

Vzhledem k problematice práce se budu v této kapitole zabývat především typy rychlostí a parametry pro navrhování směrových oblouků (poloměry, sklony).

2.1 Typy rychlostí

2.1.1 *Návrhová rychlost*

Rychlost pro stanovení nejmenších návrhových prvků pozemní komunikace. Určuje minimální hodnoty prostorových prvků pro návrh a stavbu příslušné návrhové kategorie silnice/dálnice nebo typu příčného uspořádání místní komunikace. [1]

Na dálnicích a rychlostních silnicích se volí 80 až 120 km/h, na silnicích 30 až 100 km/h a to na základě konkrétních územních podmínek zahrnujících vlivy klimatické, geologické, hydrogeologické, využití zemědělské půdy, hustoty a specifikace sídleních

útvárů a průmyslových celků, hustoty a sítě pozemních komunikací, provozních podmínek a technicko-ekonomických ukazatelů budovaných silnic a dálnic. [2]

Návrhová rychlost není ani limitní rychlost, ani skutečná rychlost vozidla, ani rychlost, která by nějakým způsobem zajišťovala zcela bezpečný provoz. Návrhová rychlost je smluvní rychlost, které odpovídá přijatelná míra bezpečnosti na komunikaci.

Roztřídění	Odpovídající návrhová kategorie (viz kapitola 5)
dálnice	D 33,5/120, 100 a 80; D 27,5/120, 100 a 80
rychlostní silnice	R 33,5/120, 100 a 80; R 27,5/120, 100 a 80; R 25,5/120, 100 a 80
silnice I. třídy	S 24,5/100; 80 a 70; S 20,75/90, 80 a 70 S 11,5/90; 80 a 70 S 9,5/80; 70 a 60 ^{*)}
silnice II. třídy	S 9,5/80, 70 a 60 S 7,5/70, 60 a 50
silnice III. třídy	S 7,5/70, 60 a 50; S 6,5/60 a 50 S 4,0/40 a 30 ^{**)}
^{*)} Nelze použít na mezinárodních silnicích.	
^{**)} Použije se zejména pro rekonstrukce stávajících koncových úseků silnic III. tř. a pro veřejně přístupné účelové komunikace.	

Tab. 1: Návrhové rychlosti v závislosti na typu komunikace [2]

2.1.2 Směrodatná rychlost

Směrodatná rychlost je očekávaná rychlost osobních automobilů umožněná dopravně-technickým stavem určitého úseku silnice nebo dálnice, kterou nepřekračuje 85 % jinak neomezovaných řidičů na mokré vozovce. [2]

Směrodatná rychlost (v_s) je veličina pro posouzení návrhu směrových poměrů silnice a dálnice v situaci a přizpůsobení návrhových prvků osy a podélného profilu jízdy dynamickým podmínkám vytvářených navrženou trasou. Rozdíl mezi návrhovou a směrodatnou rychlostí nesmí být větší než 20 km/h. [2]

Směrodatnou rychlostí se ověřují návrhové parametry navržené dle návrhové rychlosti a tyto parametry musí vyhovět i na směrodatnou rychlost, které je vždy minimálně stejná jako návrhová, ale více odpovídá skutečné rychlosti dosahované vozidly na komunikaci.

Po opravě 1 z roku 2005 závisí směrodatná rychlost u směrově nerozdělených komunikací na třídě komunikace a návrhové rychlosti a nikoli na křivolakosti, jak tomu bylo do té doby. Zároveň se již neuvažuje směrodatná rychlost pro silnice III. třídy, pro silnice S 7,5 a menší a pro točky.

Návrhová rychlost v km/h	Směrodatná rychlost v km/h	
	Silnice I. třídy	Silnice II. třídy
50	70 ^{*)}	60 ^{*)}
60	80 ^{*)}	70 ^{*)}
70	90 ^{*)}	80 ^{*)}
80	90	90
90	90	90

^{*)} U kategoriálního typu S 9,5 lze v následujících případech snížit směrodatnou rychlost o 10 km/h pro úseky pozemních komunikací:

- v horském území;
- ve stísněných podmínkách (blízkost zástavby, ekologicky velmi cenných území);
- ve velmi složitých geologických podmínkách (sesuvy, poddolovaná území);

a pro rekonstrukce pozemních komunikací.

Tab. 2: Směrodatná rychlost - směrově nerozdělené komunikace [2]

Směrodatná rychlost u směrově rozdělených komunikací závisí pouze na návrhové rychlosti.

Směrodatné rychlosti pro směrově rozdělené silnice s neomezeným přístupem				
Návrhová rychlost v km/h	100	90	80	70
Směrodatná rychlost v km/h	100	90	90	80

Směrodatné rychlosti pro dálnice a rychlostní silnice			
Návrhová rychlost v km/h	120	100	80
Směrodatná rychlost v km/h	130	110	100

Tab. 3: Směrodatná rychlost - směrově rozdělené komunikace [2]

2.2 Směrové oblouky

V normě jsou pro návrh směrového oblouku čtyři typy řešení. Může být navržen:

- prostý kružnicový
- kružnicový oblouk s přechodnicemi
- čistě přechodnicový
- složený oblouk

Prostý kružnicový oblouk může být použit, pouze pokud vyjde odsun kružnicového oblouku ΔR_o rovný nebo menší 0,25m, což odpovídá poloměru nejméně 800 m. Následují-li po sobě dva protisměrné prosté kružnicové oblouky, musí být mezi ně vložena mezupřímá alespoň o délce $2 \cdot v_n$. Ve dvou po sobě jdoucích stejnosměrných obloucích se vyloučí přímky menší než $2 \cdot v_n$. [2]

Kružnicový oblouk s přechodnicemi je nejčastějším řešením směrového oblouku. Skládá se z prostého kružnicového oblouku a dvěma přechodnicemi řešenými klotoidami. U dvou protisměrných oblouků s inflexním bodem musí platit poměr přechodnic $A_2/A_1 < 1,5$ a doporučuje se $R_2/R_1 < 2$. [2]

Přechodnicový oblouk se navrhuje tam, kde je vhodné zcela vyloučit kružnicovou část mezi přechodnicemi. Stejně tak tam, kde to je z trasovacích důvodů vhodnější řešení, je vhodné navrhnout složený oblouk.

Minimální poloměry pozemních komunikací jsou dle normy závislé na návrhové (směrodatné) rychlosti a jejich velikost se liší dle velikosti příčného sklonu vozovky v oblouku.

Návrhová/ směrodatná rychlost v km/h	Poloměr kružnicového oblouku v metrech										
	při dostředném sklonu vozovky v %										se základním příčným sklonem 2,5 % ^{*)}
	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	
130	2450	2050	1750	1525	1350	1225	1125	1025	-	-	4500
120	2075	1750	1500	1300	1150	1050	950	850	-	-	3800
110	1750	1450	1250	1100	925	825	800	725	-	-	3200
100	1450	1200	1050	900	800	720	650	600	-	-	2700
90	1200	1000	850	750	650	600	550	500	-	-	2200
80	775	650	550	500	450	400	350	325	-	-	1700
70	600	500	425	375	330	300	270	250	-	-	1300
60	450	375	325	270	240	220	200	180	170	-	950
50	300	250	220	190	170	150	140	125	120	110	700
40	200	160	140	120	110	100	90	80	75	70	450
30	110	90	80	70	60	55	50	45	40	35	250

^{*)} Způsob výpočtu je uveden v příloze C (vztah poloměru R_0 k dostřednému sklonu) a v příloze D (poloměry oblouků bez dostředného sklonu). Hodnoty pro větve křižovatek jsou uvedeny v ČSN 73 6102.

^{**) Příčný sklon opačného smyslu než příčný sklon dostředný.}

Tab. 4: Nejmenší dovolené poloměry směrových oblouků [2]

2.3 Sklony komunikace

2.3.1 Příčný sklon

Základní sklon komunikace v přímé i obloucích, pokud není vyžadován větší, je sklon střechovitý o hodnotě 2,5%.

2.3.2 Dostředný sklon

Dostředný sklon ve směrových obloucích musí být úměrný návrhové rychlosti a poloměru oblouku a měl by odpovídat hodnotám dle tabulky 4 a 5. Maximální hodnoty má dostředný sklon v horském a pahorkatém území. V území rovinatém a mírně zvlněném se použijí hodnoty o 0,5% nižší. V místech častých námraz je maximální dostředný sklon 6%.

2.3.3 Podélný sklon

Podélný sklon nivelety se řídí členitostí území a návrhovou rychlostí. Největší dovolené sklony jsou pro komunikace S 4,0 v rovinném území 10 %, v pahorkovitém 11 % a v horském 12 %. Pro dálnice je to pak 3 % pro rovinné, 4 % pro pahorkovité a 4,5 % pro horské území.

2.3.4 Výsledný sklon

Výsledný sklon nesmí být vyšší než mezní hodnoty dle normy a nesmí klesnout pod hodnotu 0,5 %.

$$m = \sqrt{s^2 + p^2} \quad (1)$$

s - podélný sklon [%]

p – příčný sklon [%]

2.4 Poloměry směrových oblouků

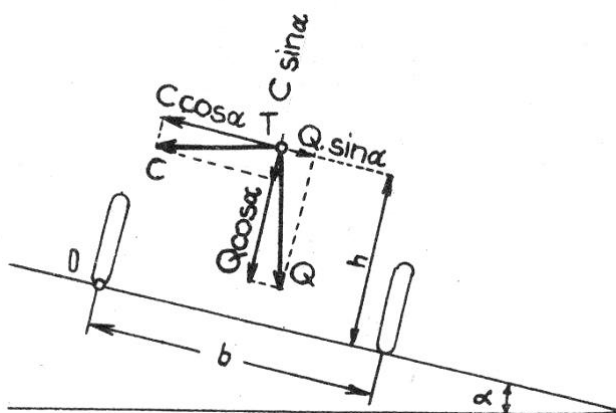
2.4.1 Minimální poloměr proti překlpení vozidla

Pokud vozidlo projíždí obloukem o poloměru R a oblouk má dostředný sklon (v tomto případě bráný jako úhel α), poté při průjezdu vozidla působí odstředivá síla C a tíha vozidla Q , vztahy pro výpočet těchto sil jsou:

$$Q = m \cdot g \quad (2)$$

$$C = m \cdot \frac{v^2}{R} = \frac{Q}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \quad (3)$$

Po rozložení sil vodorovně a kolmo k povrchu vozovky můžeme uvažovat, že kritický moment, kdy dojde k překlpení vozidla, je stav, kdy je součet všech momentů sil vzhledem k bodu otáčení roven nule.



Obr. 1: Působení sil při průjezdu vozidla obloukem [3]

$$C \cdot \cos(\alpha) \cdot h - C \cdot \sin(\alpha) \cdot \frac{b}{2} - Q \cdot \cos(\alpha) \cdot \frac{b}{2} - Q \cdot \sin(\alpha) \cdot h = 0 \quad (4)$$

Po dosazení za Q a C dle vztahů výše a úpravě rovnice dostaneme rovnici ve tvaru:

$$\frac{v^2}{g \cdot R} \cdot \left(\cos(\alpha) \cdot h - \sin(\alpha) \cdot \frac{b}{2} \right) = \left(\cos(\alpha) \cdot \frac{b}{2} + \sin(\alpha) \cdot h \right) \quad (5)$$

Upravíme pro vyjádření poloměru:

$$R = \frac{v^2}{g} \cdot \frac{\left(\cos(\alpha) \cdot h - \sin(\alpha) \cdot \frac{b}{2} \right)}{\left(\cos(\alpha) \cdot \frac{b}{2} + \sin(\alpha) \cdot h \right)} \quad (6)$$

tangentu úhlu nahradíme příčným sklonem, upravíme zlomky a následně nám vyjde výsledný vzorec pro minimální poloměr vozidla proti překlpení:

$$R \geq \frac{V^2}{g} \cdot \frac{\left(2 \cdot h - b \cdot \frac{p\%}{100}\right)}{\left(b + 2 \cdot h \cdot \frac{p\%}{100}\right)} \quad (7)$$

kde: V – rychlost vozidla [m/s]
 g – tíhové zrychlení [9,81 m/s²]
 h – výška těžiště vozidla [m]
 b – rozchod kol vozidla [m]
 p – příčný sklon [%]

2.4.2 Minimální poloměr proti usmýknutí vozidla

Při bezpečnost vozidla proti usmýknutí se posuzují vodorovné síly působící proti sobě. Kritický stav nastává ve chvíli, kdy je součet sil působících ve směru z oblouku, to je síla odstředivá, a ve směru do oblouku, to je síla třecí ke které, v případě nenulového sklonu, přispívají složky odstředivé a tíhová síla. Rovnice silové rovnováhy pak vypadá:

$$(Q \cdot \cos(\alpha) + C \cdot \sin(\alpha)) \cdot f = C \cdot \cos(\alpha) - Q \cdot \sin(\alpha) \quad (8)$$

Do rovnice dosadíme za C tvar z rovnice 3 a rovnici upravíme na tvar:

$$Q \cdot (f + \operatorname{tg}(\alpha)) \geq \frac{Q}{g} \cdot \frac{V^2}{R} \cdot (1 - f \cdot \operatorname{tg}(\alpha)) \quad (9)$$

a pro vyjádření R :

$$R \geq \frac{V^2}{g} \cdot \frac{(1 - f \cdot \operatorname{tg}(\alpha))}{f + \operatorname{tg}(\alpha)} \quad (10)$$

Můžeme tedy říct, že vztah pro minimální poloměr pro bezpečnost proti usmýknutí nezávisí na rozměrech ani tíze vozidla, je závislý pouze na rychlosti, tření a dostředném sklonu. Protože hodnota $f \cdot \operatorname{tg}(\alpha)$ se pohybuje přibližně do hodnoty 0,05, můžeme tuto část zanedbat. [3]

Pro minimální poloměr po převodu rychlosti na km/h má tvar:

$$R \geq \frac{V^2}{127 \cdot (f + 0,01 \cdot p)} \quad (11)$$

kde: V – rychlost vozidla [km/h]

f – součinitel příčného tření [-]

p – příčný sklon [%]

Výsledný vzorec, který se s menšími úpravami používá ve všech zemích pro výpočet minimálního směrového poloměru oblouku (viz. kap.3), se skládá z návrhové (směrodatné) rychlosti, součinitele příčného tření, příčným sklonem a tíhovým zrychlením (zahrnuté v hodnotě 127). V ČSN normě se s tímto vzorcem můžeme setkat při návrhu kružnicových oblouků a oblouků nepotřebujících dostředný sklon.

2.4.3 *Nejmenší poloměr R_0 dle ČSN*

Norma ČSN 73 6101 obsahuje ve své příloze C výpočet, který udává nejmenší možný poloměr směrového kružnicového oblouku. V tomto vztahu je uvažována návrhová (směrodatná) rychlost a příčný sklon.

$$R = 0,30 \cdot \frac{V_{n(s)}^2}{p} \quad \text{pro } V_{n(s)} \leq 80 \text{ km/h} \quad (12)$$

$$R = 0,36 \cdot \frac{V_{n(s)}^2}{p} \quad \text{pro } V_{n(s)} > 80 \text{ km/h} \quad (13)$$

kde: $V_{n(s)}$ – návrhová (směrodatná) rychlost [km/h]

p – dostředný sklon vozovky ve směrovém oblouku [%]

Jak je tedy vidět ze vzorců, pro rychlosti rovny nebo menší než 80 km/h se počítá s konstantou o hodnotě 0,3. Pro rychlosti vyšší se pak počítá s hodnotou 0,36.

2.4.4 *Poloměry nevyžadující dostředný sklon*

Norma ČSN 73 6101 obsahuje ve své příloze D výpočet, který udává nejmenší možný poloměr směrového oblouku nevyžadujících dostředný sklon. V tomto vztahu je uvažována návrhová (směrodatná) rychlost, součinitel příčného tření a příčný sklon.

$$R_0 = \frac{V_{n(s)}^2}{g_n \cdot (f' + 0,01 \cdot p)} \quad (14)$$

kde: $V_{n(s)}$ – návrhová (směrodatná) rychlost [m/s]

g_n – tíhové zrychlení [9,81 m/s²]

f' – součinitel příčného tření v jednotné hodnotě 0,055

p – základní příčný sklon vozovky ve směrovém oblouku bez dostředného sklonu v hodnotě -2,5 % (-2,0 %)

Po dosazení a úpravě má vzorec tvar:

$$R_0 = 0,225 \cdot V_{n(s)}^2 \quad \text{pro } p = 2,0\% \quad (15)$$

$$R_0 = 0,262 \cdot V_{n(s)}^2 \quad \text{pro } p = 2,5\% \quad (16)$$

kde $V_{n(s)}$ – návrhová (směrodatná) rychlost [km/h]

2.4.5 *Použití čistě kružnicového oblouku*

Norma ČSN 73 6101 obsahuje ve své příloze E výpočet, který udává, kdy již není třeba navrhovat přechodnice ke směrovému kružnicovému oblouku R_0 . Minimální hodnota poloměru se vypočte:

$$R = 0,375 \cdot V_n^2 \quad \text{nejméně však 800 m} \quad (17)$$

kde V_n – návrhová rychlost [km/h]

2.5 Vliv parametrů na velikost směrových oblouků

Co se rychlostí týče, minimální poloměr by měl vždy vycházet na vyšší z rychlostí, tedy směrodatnou, pokud se liší od návrhové. Uvažovaný příčný sklon závisí vždy na projektantovi a daným podmínkám. Projektant musí navrhnout vždy minimální dostředný sklon v oblouku dle normy, navržení vyššího sklonu je na jeho zvážení. Parametr, který má velmi důležitý vliv na průjezd vozidla obloukem, je součinitel příčného tření.

Součinitel tření dělíme na podélný a příčný. Zatímco součinitel podélného tření je zjištěn z poměru podélné síly a svislé síly v místě dotyku pneumatiky s povrchem vozovky a jeho hodnoty jsou důležité např. pro délku brzdné dráhy, součinitel příčného tření je zjištěn z poměru boční síly a svislé síly. Hodnoty tohoto součinitele jsou klíčové především ve směrových obloucích. Hodnoty podélného a příčného tření můžeme pro

naše účely považovat jako velmi podobné, tudíž budeme po porovnání vycházet z tabulkových hodnot pro podélné tření.

Fyzikální tabulky udávají hodnoty smykového tření f následně:

Pneumatika x beton	0,7-0,8
Pneumatika x dlažba	0,6
Pneumatika x asfalt	0,55
Pneumatika x mokrý asfalt	0,2-0,5
Pneumatika x náledí	0,1-0,2

Hodnota příčného tření pro oblouky s dostředným sklonem (viz tab. 4), se v závislosti na sklonu a návrhové (směrodatné) rychlosti pohybuje v hodnotách mezi 0,03 – 0,13, jak můžete vidět v tabulce 6. První řádek této tabulky jsou hodnoty minimálního poloměru dané ČSN normou. Druhý řádek jsou dopočítané hodnoty příčného tření odpovídající poloměru oblouku, dostřednému sklonu a rychlosti. Třetí řádek je vypočítaná minimální hodnota poloměru oblouku, pokud bychom uvažovali hodnoty tření jako hodnoty klasifikačního stupně 5. Příslušné hodnoty součinitele tření jsou uvedeny ve sloupci F_p .

Měřicí rychlost [km·h ⁻¹]	Klasifikační stupeň				
	1	2	3	4	5
40	$F_p \geq 0,68$	0,67 až 0,59	0,58 až 0,50	0,49 až 0,41	$F_p \leq 0,40$
60	$F_p \geq 0,60$	0,59 až 0,52	0,51 až 0,44	0,43 až 0,36	$F_p \leq 0,35$
80	$F_p \geq 0,53$	0,52 až 0,46	0,45 až 0,39	0,38 až 0,32	$F_p \leq 0,31$
100	$F_p \geq 0,47$	0,46 až 0,41	0,40 až 0,35	0,34 až 0,29	$F_p \leq 0,28$
120	$F_p \geq 0,42$	0,41 až 0,37	0,36 až 0,32	0,31 až 0,27	$F_p \leq 0,26$

Tab. 5: Hodnoty F_p [4]

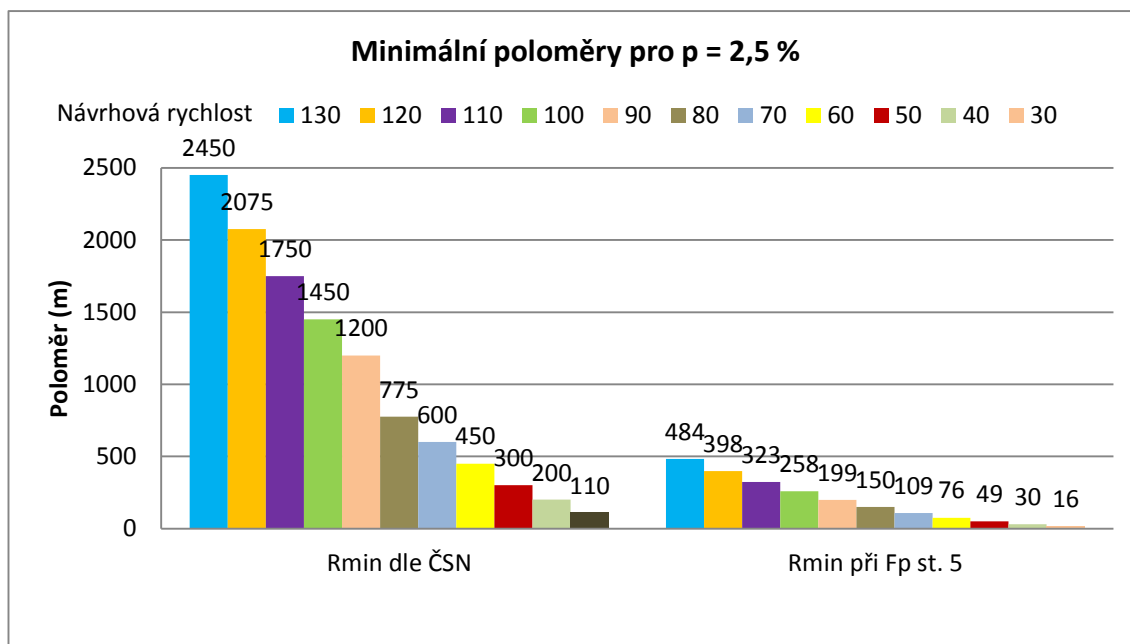
Tato tabulka pochází z normy ČSN 73 6177 Měření a hodnocení protismykových vlastností povrchů vozovek a slouží k hodnocení protismykových vlastností vozovky. Hodnoty sice slouží pro určování podélného tření (minimální hodnoty příčného tření norma neuvádí), ovšem pro naše účely je můžeme uvažovat i pro příčné tření.

Tabulka minimálních poloměrů dle ČSN												
		Dostředný sklon [%]										Fp
		2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	
Návrhová rychlost [km/h]	130	2450	2050	1750	1525	1350	1225	1125	1025			0,25
		0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07			
		484	475	467	459	451	444	436	429	422	416	
	120	2075	1750	1500	1300	1150	1050	950	850			0,26
		0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07			
		398	391	384	378	372	366	360	354	349	344	
	110	1750	1450	1250	1100	925	825	800	725			0,27
		0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,06	0,07			
		323	318	312	307	302	298	293	289	284	280	
	100	1450	1200	1050	900	800	720	650	600			0,28
		0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07			
		258	254	250	246	242	239	235	232	228	225	
	90	1200	1000	850	750	650	600	550	500			0,30
		0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07			
		199	196	193	190	188	185	182	180	177	175	
	80	775	650	550	500	450	400	350	325			0,31
		0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10			
		150	148	146	144	142	140	138	136	134	133	
	70	600	500	425	375	330	300	270	250			0,33
		0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09			
		109	107	106	104	103	102	100	99	98	96	
	60	450	375	325	270	240	220	200	180	170		0,35
		0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10		
		76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	
	50	300	250	220	190	170	150	140	125	120	110	0,38
		0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11	
		49	49	48	47	47	46	46	45	45	44	
	40	200	160	140	120	110	100	90	80	75	70	0,40
		0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,10	0,10	0,11	
		30	29	29	29	28	28	28	27	27	27	
	30	110	90	80	70	60	55	50	45	40	35	0,43
		0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	
		16	15	15	15	15	15	15	14	14	14	

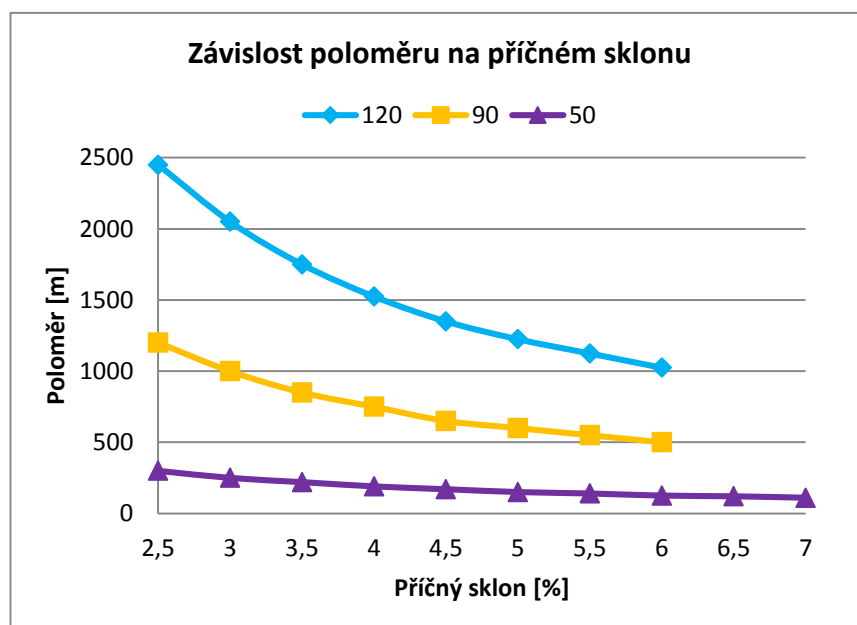
Tab. 6: Minimální poloměry a příslušné hodnoty tření

Z tabulky 6 vyplývá, že pokud bychom brali minimální poloměry na základě hodnot tření klasifikačního stupně 5, hodnoty poloměrů se budou pohybovat zhruba na jedné pětině původních hodnot dle normy ČSN.

V grafu 1 můžeme vidět poměr hodnot při dostředném sklonu 2,5%, kdy například u návrhové rychlosti 130 km/h, je rozdíl v poloměru oblouku 1966 m. Nutno ale podotknout, že tabulka s hodnotami F_p je tabulka pro hodnoty podélného tření, tudíž nemusí plně odpovídat hodnotám příčného tření.

Graf: 1 Poloměry pro $p = 2,5 \%$

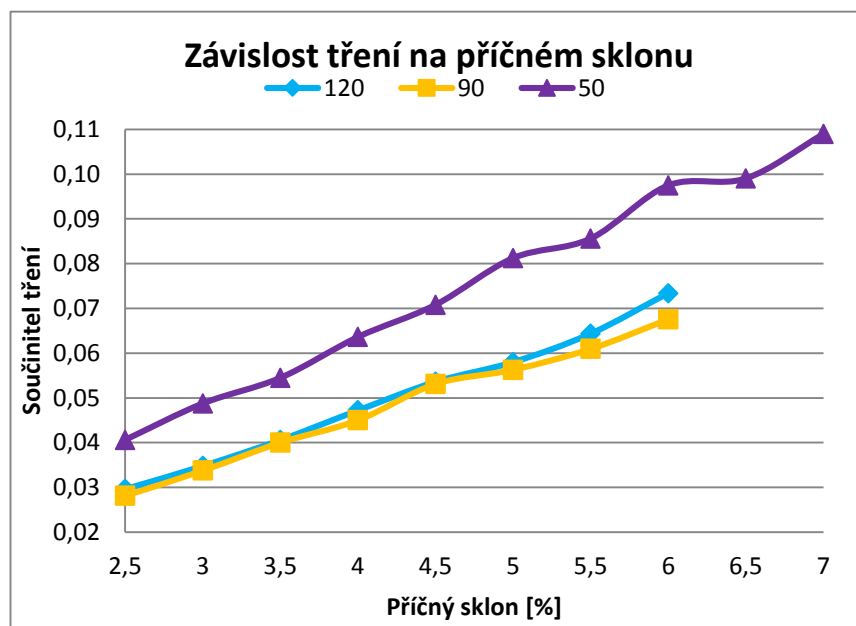
V grafu 2 je znázorněna závislost poloměru oblouku na příčném sklonu dle ČSN normy. Při malých rychlostech je změna poloměru při nárůstu příčného sklonu minimální, kdežto při rychlostech nad 90 km/h již můžeme vidět, jak dostředný sklon ovlivňuje velikost poloměru.



Graf: 2 Závislost poloměru na příčném sklonu

V grafu 3 je znázorněna závislost příčného tření na příčném sklonu dle ČSN normy. Můžeme vidět, že hodnoty tření se se zvyšujícím příčným sklonem zvyšují téměř

lineárně. Např. při rychlosti 50 km/h a sklonu 2,5 % je součinitel příčného tření 0,04, pro sklon 6 % má hodnotu již 0,10.



Graf: 3 Závislost tření na příčném sklonu

Pokud porovnáme hodnoty z tabulky 5 s hodnotami dle ČSN, kdy například konstantní hodnota pro návrh oblouku bez dostředného sklonu je $f = 0,055$ (viz. 2.4.4) a podobně je tomu i u hodnot vypočítaných z tabulky 6, můžeme z toho naznat, že hodnoty v normě jsou extrémně nízké a nedosahují hodnot ani součinitele tření mezi pneumatikou a náledím na vozovce.

Pro názornost uvedu příklad. Při rychlosti 90 km/h a příčném sklonu 3 %, vychází dle vzorce z přílohy D normy minimální poloměr 750 m. Pokud se podíváme na tabulku 4, poloměr je dokonce 1000 m. Při takovémto poloměru se uvažuje se třením o hodnotě 0,04. Pokud bychom připustili, že na vozovce se vytvoří náledí, měl by být nejmenší reálný koeficient 0,1. V takovémto případě by tedy nejmenší přípustný poloměr měl hodnotu 490 m. Tudíž lze říci, že s ohledem k tomuto vzorci, jsou návrhy směrových oblouků velmi předimenzovány, nebo je uvažována velká míra komfortu.

Přestože hodnoty tření jsou velmi nízké, tudíž jsou poloměry oblouků větší, je nutné dodat, že v opačném smyslu funguje uvažování rychlosti. Jelikož návrhová i směrodatná rychlost jsou často nižší než rychlosti, kterými je na daných komunikacích dovoleno jezdit.

3 NÁVRH SMĚROVÝCH OBLOUKŮ V ZAHRANIČÍ

Pro porovnání návrhových parametrů pro směrové prvky s českou normou, byly zvoleny některé zahraniční normy, ze kterých byly vybrány hodnoty například pro minimální poloměr oblouků, hodnoty dostředného sklonu nebo používané hodnoty tření v dané zemi.

3.1 Austrálie

V Austrálii jsou návrhové prvky komunikací dány normou Road planning and design manual, vydanou roku 2001, která prošla revizí v roce 2014, ale tato aktualizace neobsahuje signifikantní změny, co se navrhování směrových oblouků týče.

V normě užívané v České republice se užívají, co se rychlostí týče, pouze rychlost návrhová (kap. 2.1.1) a směrodatná (kap. 2.1.2). Australská norma pojednává ještě o dalších rychlostech. Některé tyto rychlosti se pak objevují i v dalších zahraničních normách, proto je vhodné je tady uvést.

3.1.1 *Cílová rychlost (Target speed)*

Rychlost, která slouží pro stanovení počátečních geometrických parametrů, které jsou úměrné k funkčním požadavkům komunikace, dopravnímu zatížení, oblasti a například financování.

3.1.2 *85% rychlost (Eighty-Fifth percentile speed)*

Rychlost, kterou nepřekročí 85% neovlivněných (plynule jedoucích) vozidel na komunikaci. Plynule jedoucí se v normě rozumí jako vozidlo, které je v odstupu minimálně 6 sekund a nevyvíjí snahu zahájit předjížděcí manévr. Tato rychlost je nejčastěji uváděna také jako rychlost směrodatná, tudíž na rozdíl od směrodatné rychlosti v naší normě, je tato rychlost měřena na suché vozovce.

3.1.3 *Požadovaná rychlost (Desired speed)*

Rychlost, která bude dosažena v přímých úsecích nebo obloucích velkých parametrů, pokud nebude vozidlo ovlivněno.

3.1.4 *Rychlost prostředí (Speed environment)*

Udává vliv faktorů ovlivňujících rychlost (např. terén, poloměry, délky přímé, rychlostní limity, funkce komunikace). Je minimálně rovna 85% rychlosti.

3.1.5 *Maximální rychlost v oblouku (Limiting curve speed standard)*

Maximální rychlost vozidla, při které na daném poloměru a dostředném sklonu bude mít maximální tření. Rychlost musí být rovna nebo vyšší než 85% rychlost. Hlavním účelem této rychlosti je poskytnutí sekundární kontroly při navrhování geometrických prvků trasy. Hodnoty jsou větší než žádoucí mez, ale menší než je absolutní hranice.

3.1.6 *Design speed (návrhová rychlost)*

Rychlost vozidla přizpůsobená výpočtům návrhových parametrů (např. rozhledová vzdálenost, klopení, vrcholové a směrové oblouky).

3.1.7 *Výpočet minimálního poloměru*

Základní vztah pro výpočet minimálního poloměru směrového oblouku je:

$$e + f = \frac{v^2}{g \cdot R} = \frac{V^2}{127 \cdot R} \quad (18)$$

Po úpravě dostaneme vzorec:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 \cdot (e_{max} + f_{max})} \quad (19)$$

kde: R_{min} – minimální poloměr oblouku [m]

V – rychlost vozidla [km/h]

e_{max} – maximální příčný sklon [%]

f_{\max} – maximální koeficient bočního tření

Norma udává, že maximální povolený dostředný sklon v oblouku může v extravilánu dosahovat pro požadované rychlosti vyšší než 70 km/h 6 %, pro rychlosti menší nebo rovny 70 km/h až hodnoty 10 %.

V tabulce 7 jsou uvedeny hodnoty maximálního koeficientu příčného tření v závislosti na návrhové rychlosti.

Design speed (km/h)	Coefficient of side friction		Design speed (km/h)	Coefficient of side friction
40	0,35		90	0,20
50	0,35		95	0,18
60	0,33		100	0,16
70	0,31		105	0,12
75	0,29		110	0,12
80	0,26		120	0,11
85	0,22		130	0,11

Tab. 7: Maximální hodnoty příčného tření v závislosti na návrhové rychlosti [15]

V tabulce 8 jsou uvedeny minimální hodnoty pro návrh směrového oblouku s ohledem na návrhovou rychlost, dostředný sklon, koeficient příčného tření.

Curve design speed (km/h)	Radius (m)	Super- elevation (%)	Friction coefficient t		Curve design speed (km/h)	Radius (m)	Super- elevation (%)	Friction coefficient t
50	44	10	0,35		70	94	10	0,31
	45	9	0,35			103	9	0,29
	47	7	0,35			116	8	0,25
	55	6	0,30			132	7	0,22
	65	5	0,25			154	6	0,19
	82	4	0,20			185	5	0,16
	109	3	0,15			222	5	0,13
60	68	10	0,33			252	4	0,13
	71	8	0,32			309	3	0,13
	81	7	0,26		80	140	10	0,26
	95	6	0,24			153	9	0,24
	113	5	0,20			172	8	0,21
	142	4	0,16			196	7	0,19
	189	3	0,12			204	7	0,18

Curve design speed (km/h)	Radius (m)	Super-elevation (%)	Friction coefficient	Curve design speed (km/h)	Radius (m)	Super-elevation (%)	Friction coefficient
80	230	6	0,16	100	441	6	0,12
	275	5	0,13		525	5	0,10
	300	5	0,12		650	4	0,08
	344	4	0,11		875	3	0,06
	440	4	0,07	110	433	10	0,12
	441	4	0,07		454	9	0,12
	458	3	0,06		476	8	0,12
90	213	10	0,20		502	7	0,12
	224	9	0,20		529	6	0,12
	252	8	0,17		635	5	0,10
	268	7	0,15		794	4	0,08
	336	6	0,13		1059	3	0,06
	400	5	0,11	120	667	6	0,11
	440	5	0,09		800	5	0,09
	500	4	0,09		875	5	0,08
	671	3	0,07		1000	4	0,07
100	303	10	0,16		1334	3	0,06
	315	9	0,16	130	785	6	0,11
	326	8	0,16		909	5	0,09
	375	7	0,14		1174	4	0,07
	437	6	0,12		1506	3	0,06

Tab. 8: Minimální poloměry dle australské normy [15]

3.2 USA

Čtvrté vydání americké normy „A policy on geometric design of highways and streets (Politika pro návrh geometrie dálnic a cest)“ z roku 2001 se v zásadě velmi podobá australské normě uvedené výše. Prvky jsou tady stejně jako v australské normě navrhovány na návrhovou (design) speed. Základní vzorec pro minimální poloměr je taktéž stejný, figuruje v něm maximální příčný sklon a příčné tření.

$$R_{min} = \frac{v^2}{127 \cdot (0,01e_{max} + f_{max})} \quad (20)$$

V tabulce 9 jsou uvedeny hodnoty minimálních poloměrů oblouku s ohledem na rychlost, příčný sklon, příčné tření. Hodnoty pro příčný sklon jsou uváděny až do výše 12 %, což je v porovnání s australskou (do 6%) a s českou (do 7%) mnohem větší rozmanitost při navrhování směrových oblouků. Zajímavostí na této normě je vyjádření všech hodnot zároveň v km/h a mílích/h.

Design speed (km/h)	Super-elevation (%)	Limiting Values of f	Total (e/100+f)	Calculated Radius (m)	Rounded Radius (m)	Design speed (km/h)	Super-elevation (%)	Limiting Values of f	Total (e/100+f)	Calculated Radius (m)	Rounded Radius (m)
20	4	0,18	0,22	14,3	15	100	8	0,12	0,20	393,5	395
30	4	0,17	0,21	33,7	35	110	8	0,11	0,19	501,2	500
40	4	0,17	0,21	60,0	60	120	8	0,09	0,17	666,6	665
50	4	0,16	0,20	98,4	100	130	8	0,08	0,16	831,3	830
60	4	0,15	0,19	149,1	150	20	10	0,18	0,28	11,2	10
70	4	0,14	0,18	214,2	215	30	10	0,17	0,27	26,2	25
80	4	0,14	0,18	279,8	280	40	10	0,17	0,27	46,6	45
90	4	0,13	0,17	375,0	375	50	10	0,16	0,25	75,7	75
100	4	0,12	0,16	491,9	490	60	10	0,15	0,25	113,3	115
20	6	0,18	0,24	13,1	15	70	10	0,14	0,24	160,7	160
30	6	0,17	0,23	30,8	30	80	10	0,14	0,24	209,9	210
40	6	0,17	0,23	54,7	55	90	10	0,13	0,23	277,2	275
50	6	0,16	0,22	98,4	90	100	10	0,12	0,22	357,7	360
60	6	0,15	0,21	134,9	135	110	10	0,11	0,21	453,5	455
70	6	0,14	0,20	192,8	195	120	10	0,09	0,19	596,5	595
80	6	0,14	0,20	251,8	250	130	10	0,08	0,18	738,9	740
90	6	0,13	0,19	335,5	335	20	12	0,18	0,30	10,5	10
100	6	0,12	0,18	437,2	435	30	12	0,17	0,29	24,4	25
110	6	0,11	0,17	560,2	560	40	12	0,17	0,29	43,4	45
120	6	0,09	0,15	755,5	755	50	12	0,16	0,28	70,3	70
130	6	0,08	0,14	950,0	950	60	12	0,15	0,27	104,9	105
20	8	0,18	0,28	12,1	10	70	12	0,14	0,26	148,3	150
30	8	0,17	0,25	28,3	30	80	12	0,14	0,26	193,7	195
40	8	0,17	0,25	50,4	50	90	12	0,13	0,25	255,0	255
50	8	0,16	0,24	82,0	80	100	12	0,12	0,24	327,9	330
60	8	0,15	0,23	123,2	125	110	12	0,11	0,23	414,0	415
70	8	0,14	0,22	175,3	175	120	12	0,09	0,21	539,7	540
80	8	0,14	0,22	226,9	230	130	12	0,08	0,20	665,0	665
90	8	0,13	0,21	303,6	305						

Tab. 9: Minimální poloměry dle americké normy [14]

3.3 Itálie

V Itálii slouží k navrhování směrových řešení v extravilánu i intravilánu norma „Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade (Pravidla funkční a geometrické výstavby cest)“ vydaná roku 2001. Základní vztah pro výpočet minimálního poloměru je stejný jako u předchozích norem, tedy:

$$q + f_t = \frac{v_p^2}{R \cdot 127} \quad (21)$$

po úpravě:

$$R_{min} \geq \frac{v_p^2}{127 \cdot (q + f_t)} \quad (22)$$

kde R_{min} – minimální poloměr oblouku [m]

V_p – konstrukční rychlost v křivce (ekvivalent návrhové rychlosti) [km/h]

q – dostředný sklon [%/100]

f_t – součinitel příčného tření

Doslovný překlad rychlosti užívané pro tento vztah je konstrukční rychlost v křivce a tato hodnota se neliší od hodnoty návrhové rychlosti. Hodnoty maximálního příčného tření v závislosti na rychlosti můžeme vidět v tabulce 10. Maximální dostředný sklon užívaný v Itálii je 7 %, minimální hodnotu poloměru v závislosti na tomto sklonu a součiniteli tření můžeme najít v tabulce 11.

Velocità (km/h)	25	40	60	80	100	120	140
aderenza trasv. Max imp. F_t max per strade tipo A, B, C, F extra urbane	-	0,21	0,17	0,13	0,11	0,1	0,09

Tab. 10: Hodnoty koeficientu příčného tření dle italské normy [13]

Tipi secondo il codice	$V_{p \min}$ (km/h)	q_{\max}	$f_{t \max}$	Raggio minimo (m)
Autostrada	90	0,07	0,118	339
	40	0,07	0,21	48
Extraurbana principale	70	0,07	0,147	178
	40	0,07	0,21	45
Extraurbana secondaria	60	0,07	0,17	118

Tab. 11: Minimální poloměr v závislosti na rychlosti v Itálii [12]

Italská norma taky jako jediná uvádí předpokládané rychlosti vozidel při průjezdu oblouků o daném poloměru a daném dostředném sklonu.

	pt (%)									
R (m)	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7
40	34.8	35.2	35.5	35.8	36.2	36.5	36.8	37.2	37.5	37.8
50	38.7	39.1	39.5	39.9	40.2	40.6	41.0	41.4	41.7	42.1
60	42.2	42.6	43.1	43.5	43.9	44.3	44.7	45.1	45.5	45.9
70	45.4	45.9	46.4	46.8	47.3	47.7	48.2	48.6	49.0	49.5
80	48.4	48.9	49.4	49.9	50.4	50.9	51.3	51.8	52.3	52.7
90	51.2	51.7	52.3	52.8	53.3	53.8	54.3	54.8	55.3	55.8
100	53.8	54.4	54.9	55.5	56.0	56.5	57.1	57.6	58.1	58.6
125	59.8	60.3	60.8	61.4	61.9	62.4	62.9	63.4	63.9	64.4
150	64.2	64.8	65.4	65.9	66.5	67.0	67.6	68.1	68.7	69.2
175	68.1	68.7	69.4	70.0	70.6	71.1	71.7	72.3	72.9	73.5
200	71.6	72.3	72.9	73.6	74.2	74.8	75.4	76.1	76.7	77.3
250	77.6	78.3	79.1	79.8	80.7	81.7	82.6	83.6	84.5	85.5
300	84.0	85.1	86.2	87.3	88.4	89.4	90.5	91.6	92.6	93.6
350	90.7	91.9	93.1	94.3	95.5	96.6	97.8	98.9	100.0	101.1
400	96.9	98.2	99.5	100.8	102.0	103.3	104.5	105.7	106.9	108.1
450	102.8	104.2	105.6	106.9	108.2	109.6	110.8	112.1	113.4	114.6
500	108.4	109.8	111.3	112.7	114.1	115.5	116.8	118.2	119.5	120.9
600	118.7	120.3	121.9	123.5	125.0	126.5	128.0	129.5	130.9	132.4
700	128.2	130.0	131.7	133.3	135.0	136.6	138.3	139.8	140.0	140.0
800	137.1	138.9	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0
900	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0

	pt (%)									
R (m)	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7
1000	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0
1500	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0
2000	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0
3000	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0
4000	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0
5000	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0

Tab. 12: Předpokládané rychlosti v obloucích dle italské normy [13]

3.4 Další země

U ostatních zemí se mi nepodařilo dohledat více než vztah pro výpočet minimální poloměru (stejně jako u předchozích zemí), informaci, že se pro navrhování používá návrhová rychlost (ověřovaná ve většině případů 85% rychlostí) a základní tabulky minimálních poloměrů při dané rychlosti, případně sklonu. Proto již jen stručně uvedu tabulky nejmenších dovolených poloměrů.

3.4.1 Německo

	Speed (km/h)					
	50	60	80	100	120	q (%)
Motorways			280	470	720	6
Connecting ramps at interchanges	80	125	250			6
Road category HS	70	100				6
Road category LS	80	120	230	390		7

Tab. 13: Minimální poloměry v Německu [19]

3.4.2 Švýcarsko

Speed (km/h)	50	60	80	100	120	q (%)
Minimum radius (m)	75	120	240	420	650	7

Tab. 14: Minimální poloměry ve Švýcarsku [19]

3.4.3 Švédsko

Horizontal		Costs and intrusion		
VR (km/h)	Super elevation (%)	Normal	Major	Huge
70	5.5	300	250	200
90	5.5	500	450	400
110	5.5	800	700	600

Tab. 15: Minimální poloměry ve Švédsku [16]

3.4.4 *Velká Británie*

Design speed (km/h)	120	100	85	70	60	50
Minimum R without superelevation	2880	2040	1440	1020	720	520
Minimum R with superelevation 2,5%	2040	1440	1020	720	520	360
Minimum R with superelevation 3,5%	1440	1020	720	520	360	255
Desirable minimum R with superelevation of 5%	1020	720	520	360	255	180
One step below desirable minimum R with superelevation of 7%	720	520	360	255	180	127
Two steps below desirable minimum radius with superelevation of 7%	520	360	255	180	127	90

Tab. 16: Minimální poloměry ve Velké Británii [7]

3.5 Srovnání

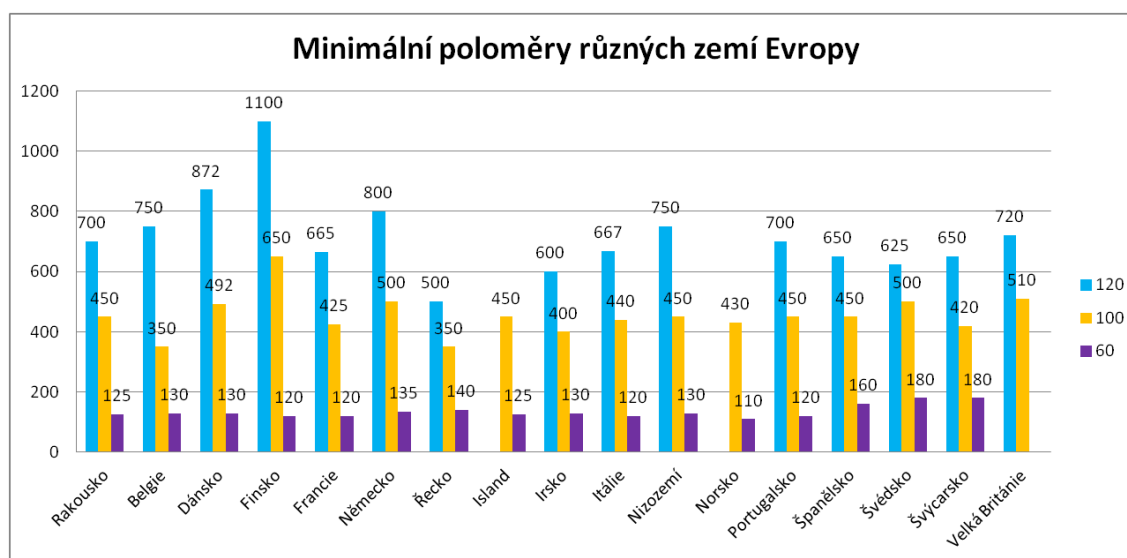
Pro přehled hodnot minimálních poloměrů směrových oblouků v evropských státech uvádím tabulku 17. K tabulce nebyly uvedeny hodnoty dostředného sklonu, ale pokud porovnáme s hodnotami z tabulek uvedených výše, vidíme, že se jedná o hodnoty při vysokých dostředných sklonech. Tudíž tuto tabulku můžeme označit jako tabulku s opravdu minimálními hodnotami, které lze v daných zemích použít při maximálním (nebo blízké maximálnímu) dostřednému sklonu.

Tabulka minimálních poloměrů různých zemí Evropy													
	Návrhová rychlost [km/h]												
	140	130	120	110	100	90	85	80	70	60	50	40	30
Rakousko	1000		700		450			250	180	125	80	45	
Belgie			750			350				130			
Dánsko			872		492			265		130		50	
Finsko			1100		650			240		120	110		
Francie			665		425			240		120			
Německo			800		500	380		280	200	135			
Řecko			500		350			200	140		75	50	30
Island					450	350		250		125	80		
Irsko			600		400			240		130		50	
Itálie	985		667		440			260		120		40	
Nizozemí			750		450	350		260	185	130	85		

Norsko					430	320		230	160	110			
Portugalsko			700		450			230	170	120	80	40	
Španělsko	1000		650		450			250					
Švédsko				625	500		350				160		
Švýcarsko		780	650		420			240		180			
Velká Británie			720		510		360		255	180	127		

Tab. 17: Přehled poloměrů v evropských zemích

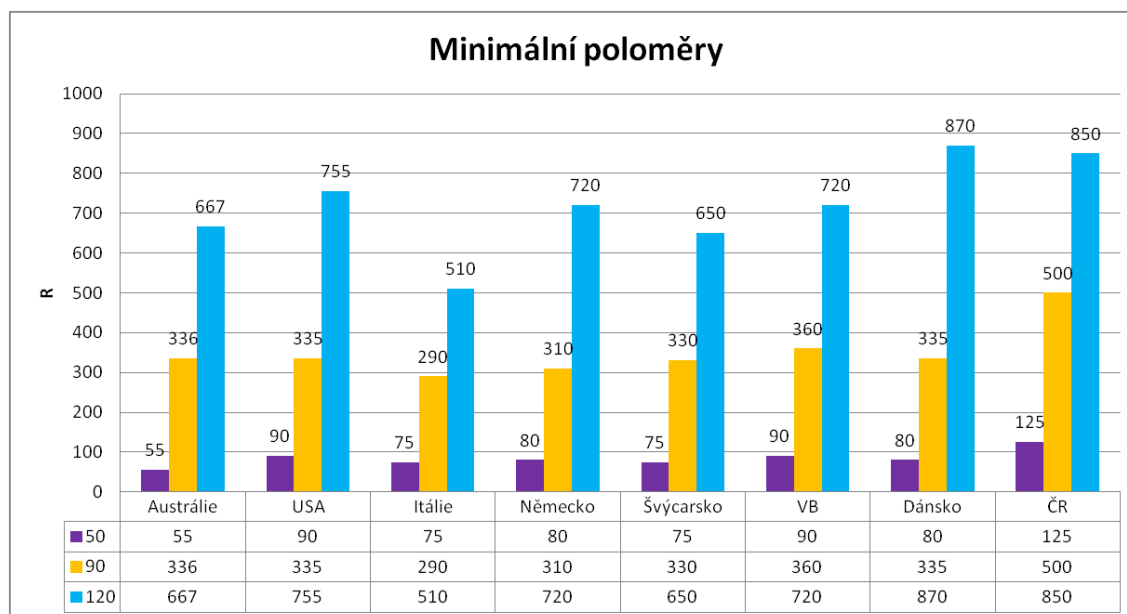
Pro lepší přehled zde uvedu ještě grafické zpracování hodnot minimálních poloměrů oblouků, které jsou znázorněny pro rychlosti 120 km/h, 100 km/h, 60 km/h.



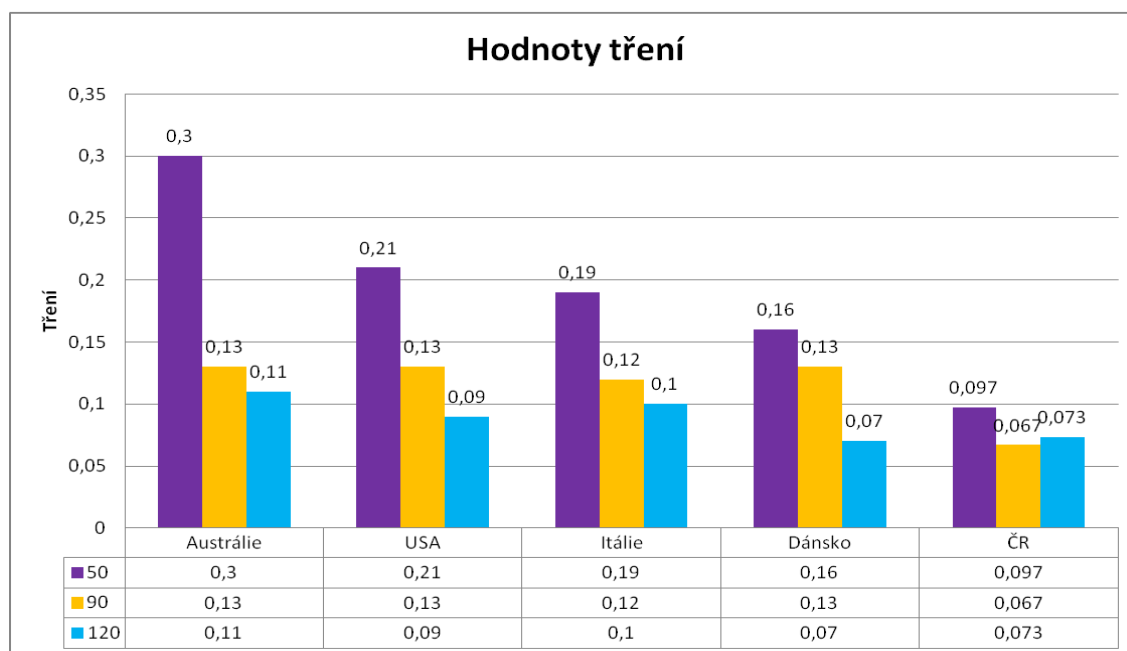
Graf: 4 Minimální poloměry různých zemí Evropy

Jak můžete vidět, zdaleka nejpřísnější normu z pohledu požadavků na prostor má Finsko. Při rychlosti 120 km/h je hodnota směrového oblouku minimálně 1100 m, což je více než dvojnásobek oproti tomu, kolik je požadováno v Řecku. To je samozřejmě způsobeno i velice odlišnými klimatickými poměry v těchto zemích, na které norma reaguje především v podobě hodnot tření. Zajímavé je, že při nižších rychlostech, v tomto případě rychlost 60 km/h, se rozdíl mezi zeměmi zcela maže a požadavky jsou prakticky totožné. Největší hodnota je ve Švédsku, kde je minimální poloměr 180 m, nejnižší naopak, a to je překvapivé, v sousedním Norsku, kde stačí poloměr 110 m.

Protože tabulka neudává hodnoty tření ani dostředného sklonu (jak je uvedeno výše, jedná se o nejvyšší nebo blízko nejvyššímu dovolenému), uvedu zde ještě porovnání hodnot, které byly vypočítány při sklonu 6 % a tření dané hodnotami v příslušných normách a předpisech.

Graf: 5 Minimální poloměry v různých zemích při daném sklonu a f

Z grafů lze vyčíst, že při srovnání hodnot mezi ostatními zeměmi při rychlostech 50 a 90 km/h není velký rozdíl, kdežto hodnoty dle ČSN jsou o mnoho větší. U rychlosti 120 km/h již takový rozdíl není.



Graf: 6 Příčné tření v různých zemích

Graf 5 ukazuje celkový pohled na země a rychlosti při daných poloměrech a graf 6 poté pohled na rozdílné hodnoty příčného tření. Tyto hodnoty jak můžeme vidět, mají signifikantní vliv na výsledný poloměr navrženého oblouku.

Posledním srovnáním je tabulka 18, která vychází z australské, americké a italské normy, u kterých byly zjištěny hodnoty při různých rychlostech a dostředných sklonech. Tato tabulka ukazuje maximální hodnoty poloměrů, které se v těchto normách uvažují. Například nejvyšší hodnota poloměru pro rychlost 90 km/h a dostředný sklon 2,5% je v australské normě a to 750 m. Kdežto hodnota 200 m při rychlosti 70 km/h a sklonu 5% pochází z americké normy. Toto by měli být tedy nejvyšší hodnoty, které se používají.

Tabulka maximálních poloměrů dle cizích norem											
		Dostředný sklon [%]									
		2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9
Směrodatná rychlost [km/h]	90	750	640	550	490	440	400	340	320	300	290
	80	530	500	400	340	310	280	250	240	230	220
	70	310	260	230	230	210	200	190	180	180	170
	60	210	190	160	150	150	140	130	130	120	120
	50	130	110	100	100	100	90	90	90	80	80
	40	80	70	60	60	60	60	50	50	50	50
	30	40	40	40	30	30	30	30	30	30	30

Tab. 18: Přehled maximálních poloměrů v evropských zemích

Jak můžeme vidět, hodnoty jsou vždy výrazně menší, než jsou hodnoty v ČSN normě. Tabulka 19 ukazuje poměr hodnot cizích k naší normě. Jak můžeme vidět, poměr se pohybuje mezi 0,4 – 0,8, tudíž můžeme prohlásit, že maximální hodnoty používané v těchto zemích jsou zhruba dvoutřetinové.

Tabulka poměru dle cizích norem k čsn											
		Dostředný sklon [%]									
		2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9
Směrodatná rychlost [km/h]	90	0,63	0,64	0,65	0,65	0,68	0,67	0,68	-	-	-
	80	0,68	0,77	0,73	0,68	0,69	0,70	0,77	-	-	-
	70	0,52	0,52	0,54	0,61	0,64	0,67	0,76	-	-	-
	60	0,47	0,51	0,49	0,56	0,63	0,64	0,72	-	-	-
	50	0,43	0,44	0,45	0,53	0,59	0,60	0,72	0,82	-	-
	40	0,40	0,44	0,43	0,50	0,55	0,60	0,63	0,71	-	-
	30	0,36	0,44	0,50	0,43	0,50	0,55	0,67	0,86	-	-

Tab. 19: Poměr hodnot mezi cizími normami a čsn

4 MĚŘENÍ SMĚROVÝCH OBLOUKŮ

Praktická část diplomové práce je zaměřena na měření skutečné rychlosti, kterou vozidla projíždí oblouky o různých parametrech. Jelikož je směrové řešení dle ČSN normy navrhováno vždy na návrhovou rychlost (případně ověřováno na směrodatnou rychlost), bylo cílem práce zjistit, jak se liší předpokládané rychlosti vozidel ve směrových obloucích a skutečné rychlosti, kterými vozidla projíždějí.

4.1 Metodika měření

Měření probíhalo za pomoci tří radarů. První radar byl umístěn (ve smyslu pro vnější pruh) před obloukem v místě, kde vozidla začínala decelerovat. Druhý radar byl umístěn ve vrcholu oblouku tedy v místě, kde vozidla dosahovala minimální rychlosti. Třetí radar byl umístěn za obloukem v místě, kde vozidla již akcelerovala. Pro vnitřní pruh (tedy druhý směr) to platilo obráceně, tedy že byl třetí radar v místě decelerace a první radar v místě akcelerace. Tyto tři zjištěné hodnoty potom vykreslují přehled průběhu rychlostí v oblouku. Radary byly vždy postaveny na straně vnějšího pruhu čelem k přijíždějícím vozidlům do oblouku. V tabulkách měření potom jsou tyto hodnoty označovány znaménkem „+“, kdežto hodnoty vozidel ve vnitřním pruhu mají hodnotu „-“.

Navíc byla v měřených profilech vždy změřena vzdálenost mezi radary, šířka jízdního pruhu, příčný a podélný sklon komunikace.

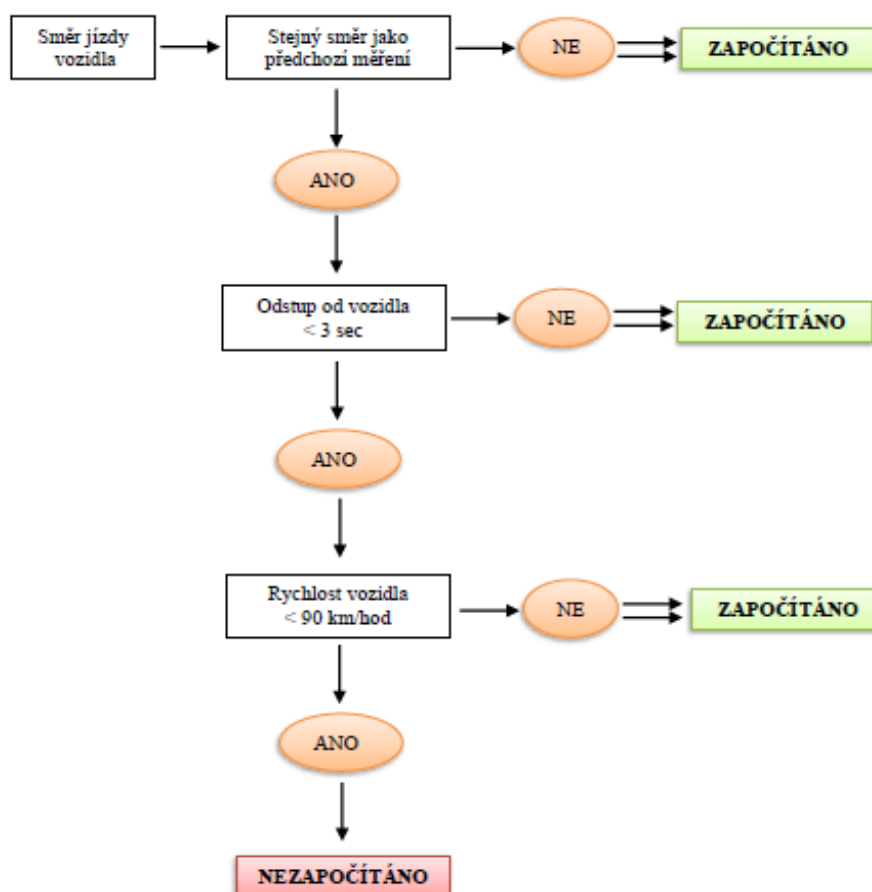
K měření byly použity radary firmy Sierzga. Radar při průjezdu vozidla zaznamená:

- čas průjezdu
- délku vozidla
- rychlost vozidla
- kategorii vozidla
- odstup od předchozího vozidla
- směr jízdy vozidla

Dle údajů od výrobce jsou odchylky rychlosti $\pm 3\%$, délky vozidel $\pm 20\%$, časového odstupu $\pm 0,2$ sekundy.

4.2 Zpracování dat

Po exportování naměřených údajů z radaru byl pro zpracování použit program Microsoft Excel, ve kterém byla vypracována šablona, ve které byly zpracovány veškeré hodnoty všech radarů. Prvním krokem bylo odfiltrování vozidel, které by mohly být teoreticky ovlivněny jinými účastníky provozu. Z měření tedy byly odstraněny hodnoty, kdy vozidlo bylo v odstupu od předchozího méně než 3 sekundy a zároveň jeho rychlost byla menší než 90 km/h. Po pozorování byla zvolena hodnota 3 sekundy, kdy řidič je dostatečně daleko za předchozím vozidlem a nesnaží se ho ani předjet, ani za ním není nucen výrazně zpomalovat. Algoritmus pro filtraci vozidel můžete vidět na obrázku 2.



Obr. 2: Algoritmus pro filtraci údajů

Poloměry a směrové úhly udávané u oblouků, byly naměřeny tak, že osou komunikace byl v Autocadu proložen oblouk, který co nejvěrněji kopíruje směrové řešení oblouku. Ve zpracování se tedy počítá s tím, že oblouky jsou navrženy jako kružnicové bez přechodnic.

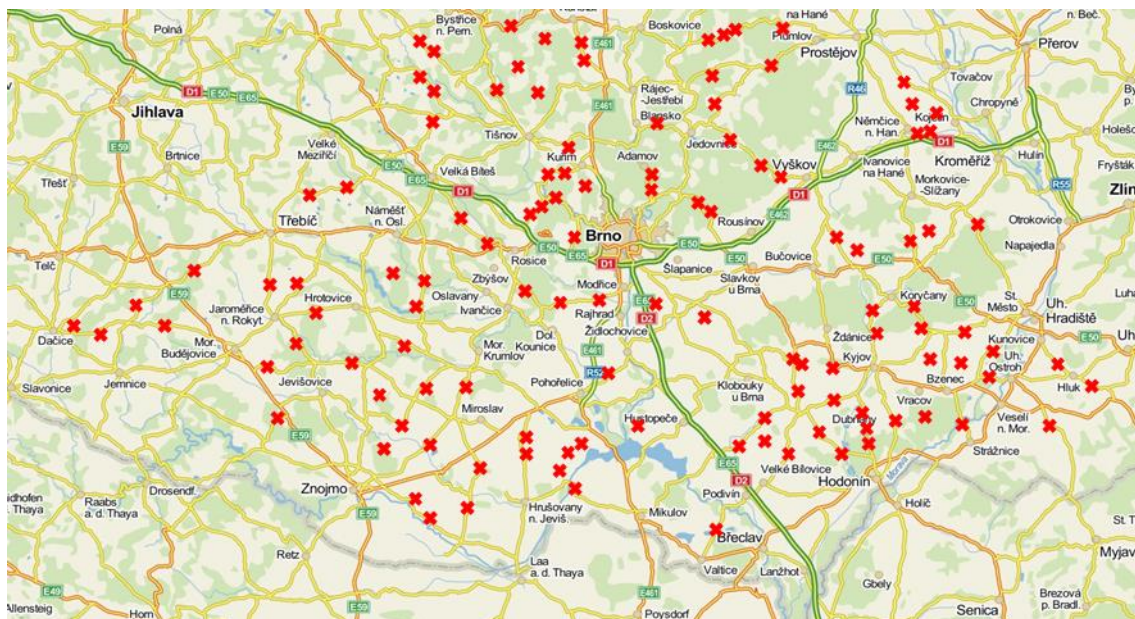
AD15																													
#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC
1	A	18.10.2014	9:24:31	20	59	1	25,5	+			18.10.2014	9:15:34	17	26	1	25,5	+			18.10.2014	9:11:35	24	44	2	25,5	+			
2		18.10.2014	9:24:31	17	57	1	0,2	+			18.10.2014	9:15:38	31	28	2	25,5	-			18.10.2014	9:12:43	25	38	2	25,5	-			
3		18.10.2014	9:25:14	37	44	2	25,5	-			18.10.2014	9:15:39	22	28	2	0,9	-			18.10.2014	9:12:49	12	52	1	25,5	+			
4		18.10.2014	9:25:47	48	46	2	25,5	+			18.10.2014	9:17:19	10	36	1	25,5	-			18.10.2014	9:13:01	21	34	2	12,5	+			
5		18.10.2014	9:26:26	39	43	2	25,5	-			18.10.2014	9:17:29	15	36	1	25,5	+			18.10.2014	9:14:01	27	38	2	25,5	-			
6		18.10.2014	9:26:38	36	50	2	25,5	+			18.10.2014	9:18:07	17	30	1	25,5	-			18.10.2014	9:14:04	28	41	2	2,5	-			
7		18.10.2014	9:26:52	33	49	2	13,8	+			18.10.2014	9:19:18	14	28	1	25,5	-			18.10.2014	9:14:06	30	43	2	1,8	-			
8		18.10.2014	9:27:13	38	47	2	25,5	-			18.10.2014	9:19:36	15	31	1	25,5	+			18.10.2014	9:14:12	11	62	1	5,4	-			
9		18.10.2014	9:28:37	41	50	2	25,5	+			18.10.2014	9:20:06	14	30	1	25,5	-			18.10.2014	9:14:59	76	60	3	25,5	+			
10		18.10.2014	9:28:40	35	48	2	2,8	+			18.10.2014	9:21:34	16	30	1	25,5	+			18.10.2014	9:15:01	39	53	2	1,2	+			
11		18.10.2014	9:28:51	110	37	4	25,5	-			18.10.2014	9:21:38	16	31	1	2,9	+			18.10.2014	9:15:02	26	49	2	0,7	+			
12		18.10.2014	9:28:55	43	43	2	3,9	-			18.10.2014	9:21:43	47	26	2	25,5	-			18.10.2014	9:15:10	32	34	2	7,1	+			
13		18.10.2014	9:29:00	55	44	2	2,5	-			18.10.2014	9:21:48	17	29	1	4,6	-			18.10.2014	9:15:11	30	33	2	0,4	+			
14		18.10.2014	9:29:06	38	46	2	0,9	-			18.10.2014	9:21:51	28	27	2	2,8	-			18.10.2014	9:16:08	36	41	2	25,5	-			
15		18.10.2014	9:29:18	44	43	2	17,2	-			18.10.2014	9:21:53	20	26	1	1,2	-			18.10.2014	9:16:11	55	40	2	2,1	-			
16		18.10.2014	9:29:35	37	49	2	25,5	+			18.10.2014	9:22:11	18	28	1	17,2	-			18.10.2014	9:16:11	31	35	2	25,5	+			
17		18.10.2014	9:30:43	39	52	2	25,5	+			18.10.2014	9:22:33	17	32	1	25,5	+			18.10.2014	9:16:12	24	36	2	1,1	-			
18		18.10.2014	9:30:46	39	47	2	2,4	+			18.10.2014	9:23:40	11	36	1	25,5	+			18.10.2014	9:17:53	34	46	2	25,5	-			
19		18.10.2014	9:31:33	34	55	2	25,5	+			18.10.2014	9:23:43	20	30	1	3	+			18.10.2014	9:17:56	16	83	1	25,5	+			
20		18.10.2014	9:32:37	36	43	2	25,5	-			18.10.2014	9:24:30	19	40	1	25,5	+			18.10.2014	9:18:05	26	52	2	8	+			
21		18.10.2014	9:32:44	30	47	2	25,5	+			18.10.2014	9:25:30	17	29	1	25,5	-			18.10.2014	9:18:41	29	38	2	25,5	-			
22		18.10.2014	9:33:46	38	42	2	25,5	-			18.10.2014	9:25:41	16	32	1	25,5	+			18.10.2014	9:18:49	11	61	1	8,2	-			
23		18.10.2014	9:34:19	39	49	2	25,5	+			18.10.2014	9:26:39	18	28	1	25,5	-			18.10.2014	9:19:22	38	45	2	25,5	+			
24		18.10.2014	9:34:19	11	44	1	0,2	+			18.10.2014	9:27:17	22	28	2	25,5	+			18.10.2014	9:19:51	28	37	2	25,5	-			
25		18.10.2014	9:36:05	34	55	2	25,5	+			18.10.2014	9:29:03	18	33	1	25,5	+			18.10.2014	9:20:01	19	50	1	9,1	-			
26		18.10.2014	9:36:35	36	53	2	25,5	-			18.10.2014	9:29:29	21	37	2	25,5	-			18.10.2014	9:20:02	28	70	2	25,5	+			
27		18.10.2014	9:37:42	41	51	2	25,5	-			18.10.2014	9:30:35	16	35	1	25,5	-			18.10.2014	9:20:12	19	45	1	9,2	+			
28		18.10.2014	9:38:21	74	37	3	25,5	-			18.10.2014	9:31:14	36	26	2	25,5	-			18.10.2014	9:20:16	18	74	1	4,2	+			
29		18.10.2014	9:39:35	38	46	2	25,5	+			18.10.2014	9:32:33	16	27	1	25,5	+			18.10.2014	9:20:27	27	42	2	10	+			
30		18.10.2014	9:39:45	32	58	2	10,3	+			18.10.2014	9:32:43	14	38	1	9,6	+			18.10.2014	9:20:39	34	41	2	25,5	-			
31		18.10.2014	9:39:47	41	52	2	1,6	+			18.10.2014	9:32:45	17	31	1	2,2	+			18.10.2014	9:22:11	25	39	2	25,5	+			
32		18.10.2014	9:42:19	34	47	2	25,5	+			18.10.2014	9:35:17	15	30	1	25,5	+			18.10.2014	9:22:14	29	44	2	2,7	+			
33		18.10.2014	9:42:49	47	51	2	25,5	-			18.10.2014	9:35:42	10	33	1	25,5	-			18.10.2014	9:22:16	61	34	3	25,5	-			
34		18.10.2014	9:43:21	37	51	2	25,5	-			18.10.2014	9:36:15	16	39	1	25,5	-			18.10.2014	9:22:21	31	36	2	4,5	-			
35		18.10.2014	9:44:53	34	46	2	25,5	-			18.10.2014	9:37:46	14	31	1	25,5	-			18.10.2014	9:22:25	55	37	2	2,9	-			

Obr. 3: Údaje převedené do MS Excel

AB2																											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
	3972	délka	rychlos	katego	odstup	směr	ano	1	3973	délka	rychlos	katego	odstup	směr	OK	4147	délka	rychlos	katego	odstup	směr	OK					
1	9:24:31	20	59	1	25,5	OK			9:15:34	17	26	1	25,5	+	OK		9:11:35	24	44	2	25,5	+	OK				
2	9:24:31	17	57	1	0,2	OK			9:15:38	31	28	2	25,5	-	OK		9:12:43	25	38	2	25,5	-	OK				filtr 1
3	9:25:14	37	44	2	25,5	OK			9:15:39	22	28	2	0,9	-	NE		9:12:49	12	52	1	25,5	+	OK				
4	9:25:47	48	46	2	25,5	OK			9:17:19	10	36	1	25,5	-	OK		9:13:01	21	34	2	12,5	+	OK				filtr 2
5	9:26:26	39	43	2	25,5	OK			9:17:29	15	36	1	25,5	+	OK		9:14:01	27	38	2	25,5	-	OK				
6	9:26:38	36	50	2	25,5	OK			9:18:07	17	30	1	25,5	-	OK		9:14:04	28	41	2	2,5	-	NE				
7	9:26:52	33	49	2	13,8	OK			9:19:18	14	28	1	25,5	-	OK		9:14:06	30	43	2	1,8	-	NE				filtr 3
8	9:27:13	38	47	2	25,5	OK			9:19:36	15	31	1	25,5	+	OK		9:14:12	11	62	1	5,4	-	OK				
9	9:28:37	41	50	2	25,5	OK			9:20:06	14	30	1	25,5	-	OK		9:14:59	76	60	3	25,5	+	OK				
10	9:28:40	35	48	2	2,8	NE			9:21:34	16	30	1	25,5	+	OK		9:15:01	39	53	2	1,2	+	NE				
11	9:28:51	110	37	4	25,5	OK			9:21:38	16	31	1	2,9	+	NE		9:15:02	26	49	2	0,7	+	NE				
12	9:28:55	43	43	2	3,9	OK			9:21:43	47	26	2	25,5	-	OK		9:15:10	32	34	2	7,1	+	OK				
13	9:28:58	55	44	2	2,5	NE			9:21:48	17	29	1	4,6	-	OK		9:15:11	30	33	2	0,4	+	NE				
14	9:29:00	38	46	2	0,9	NE			9:21:51	28	27	2	2,8	-	NE		9:16:08	36	41	2	25,5	-	OK				
15	9:29:18	44	43	2	17,2	OK			9:21:53	20	26	1	1,2	-	NE		9:16:11	55	40	2	2,1	-	NE				
16	9:29:35	37	49	2	25,5	OK			9:22:11	18	28	1	17,2	-	OK		9:16:11	31	35	2	25,5	+	OK				
17	9:30:43	39	52	2	25,5	OK			9:22:33	17	32	1	25,5	+	OK		9:16:12	24	36	2	1,1	-	OK				
18	9:30:46	39	47	2	2,4	NE			9:23:40	11	36	1	25,5	+	OK		9:17:53	34	46	2	25,5	-	OK				CLS
19	9:31:33	34	55	2	25,5	OK			9:23:43	20	30	1	3	+	OK		9:17:56	16	83	1	25,5	+	OK				
20	9:32:37	36	43	2	25,5	OK			9:24:30	19	40	1	25,5	+	OK		9:18:05	26	52	2	8	+	OK				
21	9:32:37	36	43	2	25,5	OK			9:25:30	11	29	1	25,5	+	OK		9:18:41	19	59	2	38	+	OK				
22	9:33:46	38	42	2	25,5	OK			9:25:41	16	32	1	25,5	+	OK		9:18:49	11	61	1	8,2	-	OK				
23	9:34:19	39	49	2	25,5	OK			9:26:39	18	28	1	25,5	-	OK		9:19:22	38	45	2	25,5	+	OK				
24	9:34:19	11	44	1	0,2	NE			9:27:17	22	28	2	25,5	+	OK		9:19:51	28	37	2	25,5	-	OK				
25	9:36:05	34	55	2	25,5	OK			9:29:03	18	23	1	25,5	+	OK		9:20:01	19	50	1	1,9	+	OK				
26	9:36:35	36	53	2	25,5	OK			9:29:29	21	37	2	25,5	-	OK		9:20:02	28	70	2	25,5	+	OK				
27	9:37:42	41	51	2	25,5	OK			9:30:35	16	35	1	25,5	-	OK		9:20:12	19	45	1	9,2	+	OK				
28	9:38:21	44	53	2	25,5	OK			9:31:14	26	36	2	25,5	+	OK		9:20:16	28	74	2	25,5	-	OK				
29	9:39:35	38	46	2	25,5	OK			9:32:33	16	27	1	25,5	+	OK		9:20:27	27	42	2	10	+	OK				
30	9:39:45	32	58	2	10,3	OK			9:32:43	14	31	1	9,6	+	OK		9:20:34	34	41	2	25,5	-	OK				
31	9:39:47	47	1	1,6	25,5	NE			9:32:45	17	21	2	25,5	+	NE		9:22:11	1	25	9	25,5	+	OK				
32	9:42:19	34	47	2	25,5	OK			9:35:17	15	30	1	25,5	+	OK		9:22:19	29	44	2	2,7	+	OK				
33	9:42:49	47	51	2	25,5	OK			9:35:42	10	33	1	25,5	-	OK		9:22:16	61	34	3	25,5	-	OK				
34	9:43:21	37	51	2	25,5	OK			9:36:15	17	35	1	25,5	+	OK		9:22:21	31	36	2	4,5	+	OK				
35	9:44:53	34	25,5	OK					9:37:46	14	31	1	25,5	-	OK		9:22:25	35	2	25,5	-	NE					
36	9:44:54	35	54	2	0,6	NE			9:37:48	17	38	1	1,3	-	NE		9:22:26	36	35	2	0,6	-	NE				
37	9:44:59	38	58	2	25,5	OK			9:37:57	18	38	1	25,5	+	OK		9:22:34	21	47	2	0,6	-	NE				
38	9:45:11	33	16	1	25,5	OK			9:38:05	13	16	1	1,1	+	OK		9:22:35	35	2	25,5	-	OK					

4.3 Vybrané směrové oblouky

Bylo vybráno celkem 35 směrových oblouků především menších poloměrů, na kterých byla měřena rychlost v několika místech. Oblouky byly vybrány tak, aby byla obsažena co největší rozmanitost paramentů jako poloměr, příčný sklon, šířka komunikace, směrový (vrcholový) úhel. Zároveň bylo potřeba oblouky vybírat tak, aby byla zajištěna neovlivněná rychlost vozidel, tudíž takové podmínky, kde řidič nemá potřebu zpomalovat dle vlivů na komunikaci nebo v její blízkosti. Tudíž byly vybírány oblouky, kde před i za obloukem byl dostatečně dlouhý úsek přímé, byly splněny rozhledové poměry, komunikace neměla příliš velký podélný sklon, který by mohl ovlivňovat výsledky, nebyla omezena rychlost (měřeno v extravišanu, dovolená rychlost vždy 90 km/h), krytová vrstva vozovky nenutila řidiče zpomalit nebo jinak uzpůsobit styl jízdy a byla vhodná intenzita vozidel, tudíž taková, kde projíždělo dostatečné množství vozidel pro dostatečné množství nasbírání dat a zároveň nebyla dosažena intenzita, kdy by se vozidla navzájem ovlivňovala.

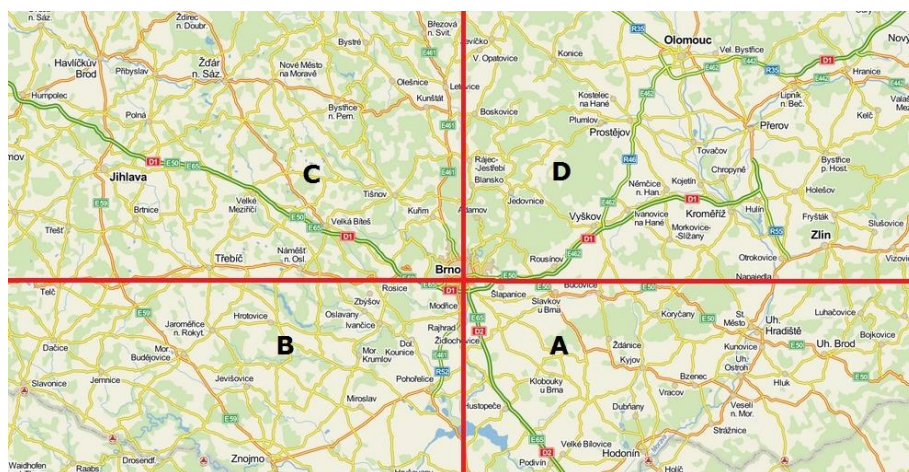


Obr. 5: Prověřované oblouky

Oblouky byly nejprve vybrány na mapě, kde ovšem nelze rozpoznat mnoho případných vlivů na řidiče. Z map bylo nashromážděno zhruba 220 oblouků, které se nacházeli především v Jihomoravském kraji, ale také třeba v kraji Vysočina, Zlínském a Olomouckém.

Na těchto obloucích byla následně provedena prohlídka na místě a na základě nesplnění některých podmínek, byly oblouky vyřazeny. Většinou se jednalo o špatný kryt vozovky, kde řidič musel přizpůsobit rychlost stavu komunikace, velký podélný sklon, který ovlivňoval rychlost vozidel minimálně v jednom směru, nebo vysokou intenzitu komunikace, kde se vozidla navzájem ovlivňovala. Nakonec tedy z uvedeného počtu bylo změřeno 35 oblouků (z toho první dva byly změřeny dvakrát pro ověření správného postupu měření, kdy při porovnání výsledků docházelo téměř ke shodným údajům).

Princip označování oblouků je takový, že oblouky jihovýchodně od Brna jsou značeny písmenem A, jihozápadně písmenem B, severozápadně písmenem C, severovýchodně písmenem D. Udávané číslo značí pořadí měřeného oblouku v daném kvadrantu.



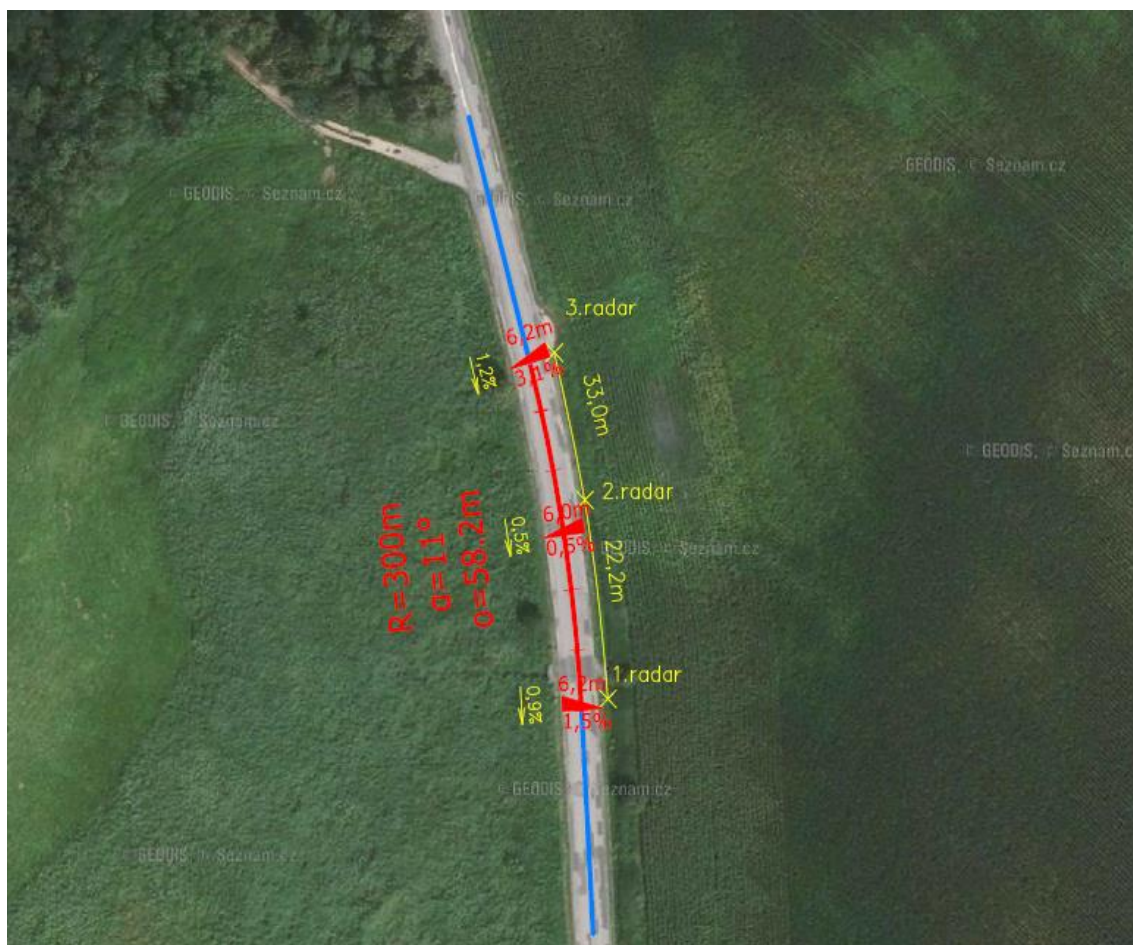
Obr. 6: Označování oblouků

Označení	Umístění oblouku	Silnice	GPS Souřadnice
A01	Svatobořice-Mistřín, okres Hodonín	II/431	48.9399664N, 17.0952728E
A02	Svatobořice-Mistřín, okres Hodonín	II/431	48.9502922N, 17.0930419E
A03	Svatobořice-Mistřín, okres Hodonín	II/431	48.9537578N, 17.0977628E
A04	Borkovany, okres Břeclav	II/381	49.0282894N, 16.8402697E
A05	Svatobořice-Mistřín, okres Hodonín	II/422	48.9670758N, 17.0666964E
A06	Žatčany, okres Brno-venkov	II/416	49.0929528N, 16.7400242E
A07	Vážany nad Litavou, okres Vyškov	III/4194	49.1315172N, 16.8472281E
A08	Žarošice, okres Hodonín	I/54	49.0603717N, 16.9459806E
A09	Nížkovice, okres Vyškov	I/54	49.0941919N, 16.9167542E
B01	Židlochovice, okres Brno-venkov	II/416	49.0240481N, 16.6127411E
B02	Velký dvůr, okres Brno-venkov	II/381	48.9671239N, 16.5491650E
B03	Velký dvůr, okres Brno-venkov	II/381	48.9684986N, 16.5472808E
C01	Veverské Knínice, okres Brno-venkov	II/386	49.2218911N, 16.4162000E
C02	Veverské Knínice, okres Brno-venkov	II/386	49.2315656N, 16.4257317E
C03	Brno-Bystrc, okres Brno-město	II/386	49.2427519N, 16.4454297E
C04	Chudčice, okres Brno-venkov	II/386	49.2942294N, 16.4716158E
C05	Moravské Knínice, okres Brno-venkov	II/386	49.2928847N, 16.4733706E
C06	Knínická, Kuřim, okres Brno-venkov	II/386	49.2941631N, 16.5164031E
C07	Moravské Knínice, okres Brno-venkov	II/386	49.2883847N, 16.4969867E
C08	Rohozec, okres Brno-venkov	II/377	49.3882194N, 16.4785592E
C09	Rohozec, okres Brno-venkov	II/377	49.3978517N, 16.4821392E
C10	Bukovice, okres Brno-venkov	II/377	49.4096478N, 16.4848725E
C11	Žernovník, okres Blansko	II/377	49.4096758N, 16.5316769E
C12	Býkovice, okres Blansko	II/376	49.4363150N, 16.5649767E
D01	Ludíkov, okres Blansko	II/150	49.4574458N, 16.7383003E
D02	Ludíkov, okres Blansko	II/150	49.4581436N, 16.7409433E
D03	Ludíkov, okres Blansko	II/150	49.4608806N, 16.7424292E
D04	Niva, okres Prostějov	II/377	49.4384253N, 16.8586775E
D05	Drahany, okres Prostějov	II/150	49.4304178N, 16.9128061E
D06	Malé Hradisko, okres Prostějov	II/150	49.4858058N, 16.8622867E
D07	Malé Hradisko, okres Prostějov	II/150	49.4886072N, 16.8679097E
A10	Vranovice, okres Brno-venkov	II/381	48.9832939N, 16.6409211E
A11	Vranovice, okres Brno-venkov	II/381	48.9816342N, 16.6374361E
A12	Vranovice, okres Brno-venkov	II/381	48.9789719N, 16.6354903E
A13	Vranovice, okres Brno-venkov	II/381	48.9774400N, 16.6356861E

Tab. 20: Seznam vybraných oblouk

4.3.1 A01 - II/431 - Dubňany, okres Hodonín- km 35,0 – 1. měření

Oblouk s označením A01 se nachází na 35,0 km silnice II. třídy číslo 431 mezi obcemi Dubňany a Svatobořice – Mistřín. Poloměr oblouku je 300 m, směrový úhel 11° , délka oblouku 58,2 m, šířka vozovky 6,2 m, rozšíření 0,0 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 0,5 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku + 0,5 % (hodnota „+“ znamená, že vozidla jedoucí v kladném směru měření radaru, tedy ve vnějším pruhu, stoupají ve sklonu o hodnotě 0,5%).



Obr. 7: A01 - Ortofotomapa

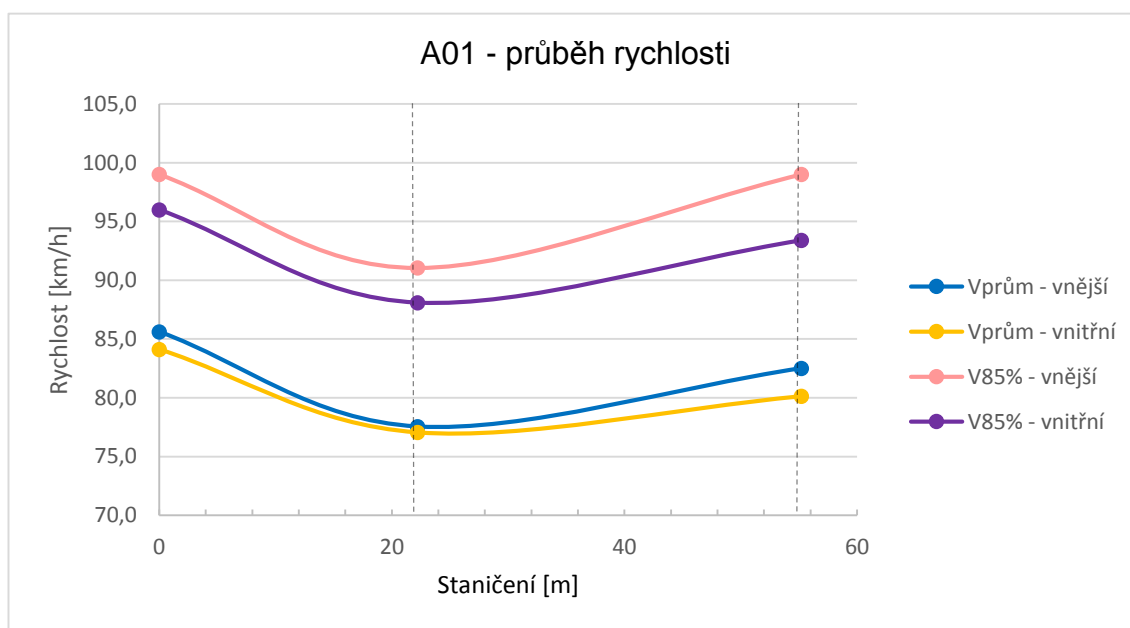
Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno celkem 139 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 21 a vyneseny v grafu 7.

	1. radar	2. radar	3. radar
V _{prům} - vnější	85,6	77,6	82,5
V _{prům} - vnitřní	84,1	77,0	80,1

$V_{85\%}$ - vnější	99,0	91,1	99,0
$V_{85\%}$ - vnitřní	96,0	88,1	93,4
$V_{prům}$	84,9	77,3	81,3
$V_{85\%}$	97,8	90,0	94,0

Tab. 21: A01 - rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 22,2m, třetí radar má staniční 52,2m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Z naměřených údajů byly pro každý radar vyhodnoceny celkové rychlosti všech projíždějících vozidel. Byly vypočítány průměrné rychlosti pro oba pruhy (vnější, vnitřní) a rychlosti $V_{85\%}$ pro oba pruhy, které ukazují rychlost, kterou nepřekročí 85% měřených vozidel. Tato rychlost je v zahraničí používána běžněji jako rychlost směrodatná.



Graf: 7 A01 – průběh rychlosti

Můžeme vidět, že rychlosti pro vnější pruh jsou o něco vyšší než rychlosti ve vnitřním. Maximální naměřená rychlost v oblouku byla 125 km/h. Průměrná rychlost doznala poklesu mezi prvním a druhým radarem o 8,9%, 85% rychlost o 7,9%. Výsledné hodnoty ukazují, že velký vliv na rychlost má kromě poloměru také směrový úhel. Při hodnotě 11° již mnozí řidiči ani nevnímají, že vjíždí do oblouku a nezpomalují vozidlo.

4.3.2 A01 - II/431 - Dubňany, okres Hodonín- km 35,0 – 2. měření

Pro kontrolu správnosti postupu měření bylo provedeno druhé měření v tomto oblouku. Radary byly umístěny ve stejných místech. Po filtraci byly rychlosti vyhodnoceny ze 140 vozidel v oblouku. Rychlosti vozidel jsou zapsány v tabulce 22 a vyneseny v grafu 8.

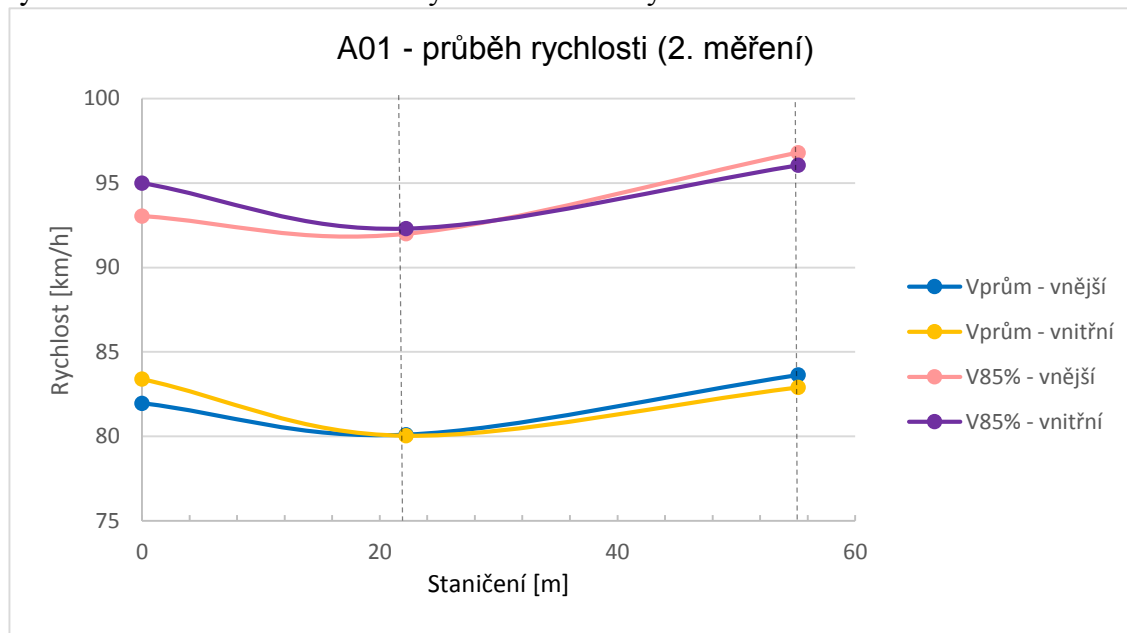
	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	82,0	80,1	83,6
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	83,4	80,1	82,9

$V_{85\%} - \text{vnější}$	93,1	92,0	96,8
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	95,0	92,3	96,1

$V_{\text{prům}}$	82,5	80,1	83,3
$V_{85\%}$	95,0	92,0	96,7

Tab. 22: A01 – rychlosti (2. měření)

Z hodnot můžeme vyčíst, že se téměř shodují s hodnotami z prvního měření. Rozdíl hodnot je oproti prvnímu měření 2,8 km/h v průměrné rychlosti a 2,0 km/h v 85% rychlosti. Maximální naměřená rychlost vozidla byla 114 km/h.



Graf: 8 A01 – průběh rychlosti (2. měření)

4.3.3 A02 - II/431 - Dubňany, okres Hodonín- km 33,9 – 1. měření

Oblouk s označením A02 se nachází na 33,9 km silnice II. třídy číslo 431 mezi obcemi Dubňany a Svatobořice – Místřín. Poloměr oblouku je 90 m, směrový úhel 39° , délka oblouku 60,9 m, šířka vozovky 5,6 m, rozšíření 0,6 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 5,0 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku +0,5 %.



Obr. 8: A02 - Ortofotomapa

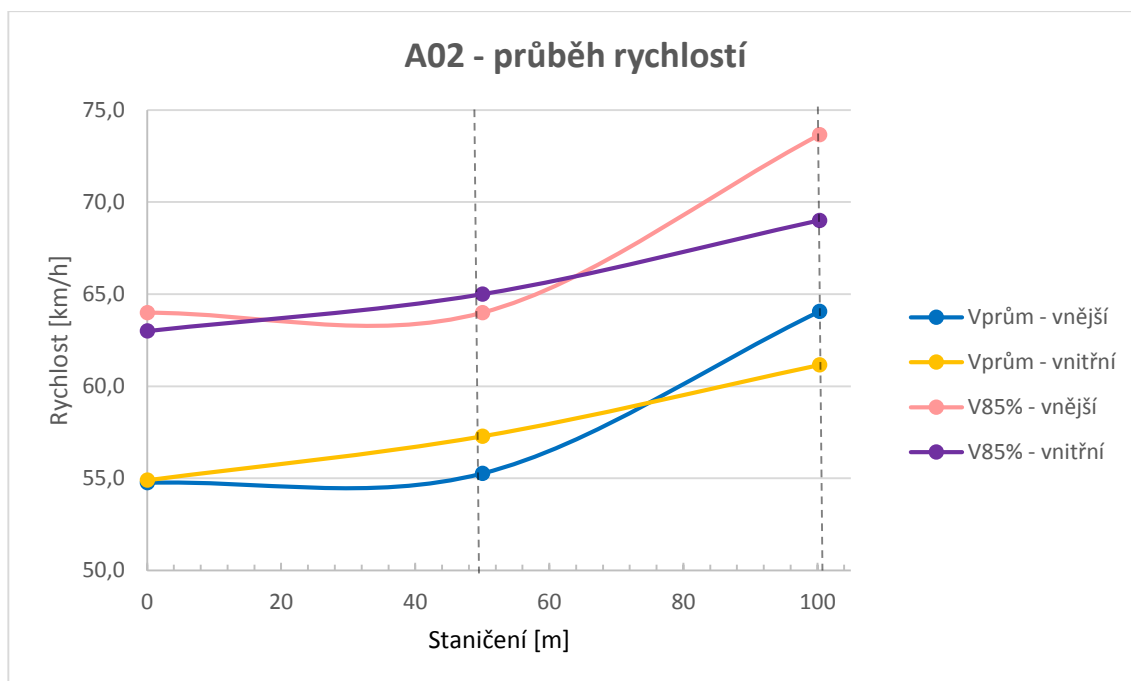
Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno celkem 210 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 23 a vyneseny v grafu 9.

	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	54,8	55,3	64,1
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	54,9	57,3	61,2
$V_{85\%} - \text{vnější}$	64,0	64,0	73,7
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	63,0	65,0	69,0

V_{prům}	54,8	56,2	62,7
V_{85%}	63,0	64,7	71,4

Tab. 23: A02 - rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 50,0m, třetí radar má staniční 100,3m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 81 km/h.



Graf: 9 A02 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost vozidel v tomto oblouku je 56,2 km/h, 85% rychlost je pak 64,7 km/h. Z tohoto měření je vidět, že ne vždy je nejnižší dosahovaná rychlost ve vrcholu oblouku. V tomto případě to lze vysvětlit kratší přímkou před radarem č. 1, která má délku zhruba 400 m a řidiči tak dosahují větších rychlostí až v oblouku. Hlavně v případě vnitřního pruhu kde již před dalším obloukem nezrychlují.

4.3.4 A02 - II/431 - Dubňany, okres Hodonín- km 33,9 – 2. měření

Pro kontrolu správnosti postupu měření bylo provedeno druhé měření i v tomto oblouku. Radary byly umístěny ve stejných místech jako při prvním měření. Po filtraci 140 vozidel v oblouku. Rychlosti vozidel jsou zapsány v tab. 24 a vyneseny v grafu 10.

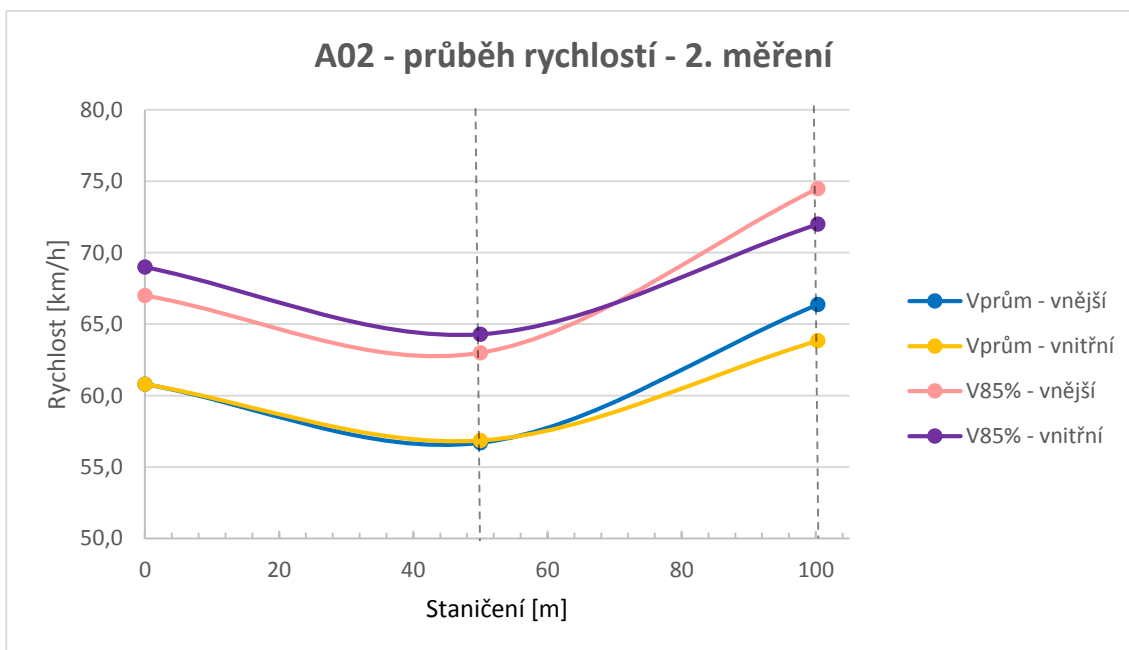
	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	60,8	56,7	66,4
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	60,8	56,9	63,8

$V_{85\%} - \text{vnější}$	67,0	63,0	74,5
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	69,0	64,3	72,0

$V_{\text{prům}}$	60,8	56,8	65,1
$V_{85\%}$	68,9	64,0	74,0

Tab. 24: A02 – rychlosti (2. měření)

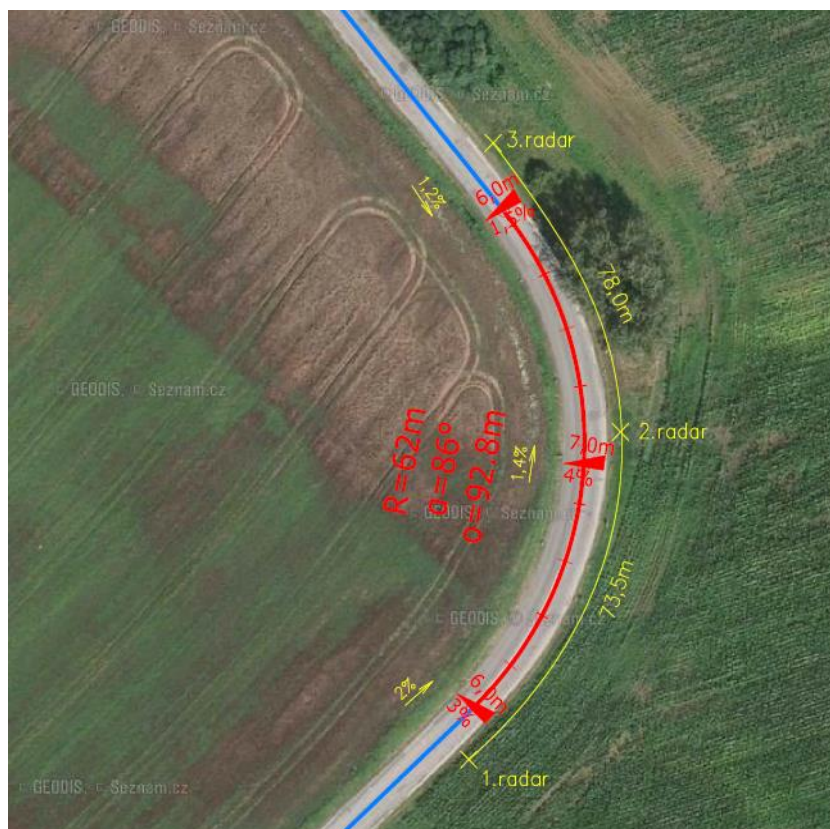
Hodnoty ve vrcholu oblouku druhého měření odpovídají téměř bez rozdílu hodnotám při prvním měření. Rozdíl je v průměrné rychlosti 0,6 km/h, v 85% rychlosti poté 0,7 km/h. Největší rozdíl je při pohledu na průběh rychlostí v místě prvního radaru. Tento graf jak je vidět již odpovídá běžnému průjezdu vozidla obloukem, je tedy možné, že v případě prvního měření tohoto oblouku byl první radar např. špatně natočen.



Graf: 10 A02 – průběh rychlostí (2. měření)

4.3.5 A03 - II/431 - Dubňany, okres Hodonín- km 33,3

Oblouk s označením A03 se nachází na 33,3 km silnice II. třídy číslo 431 mezi obcemi Dubňany a Svatobořice – Místřín. Poloměr oblouku je 62 m, směrový úhel 86° , délka oblouku 92,8 m, šířka vozovky 6,0 m, rozšíření 1,0 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 4,0 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku - 1,4 %.



Obr. 9: A03 - Ortofotomapa

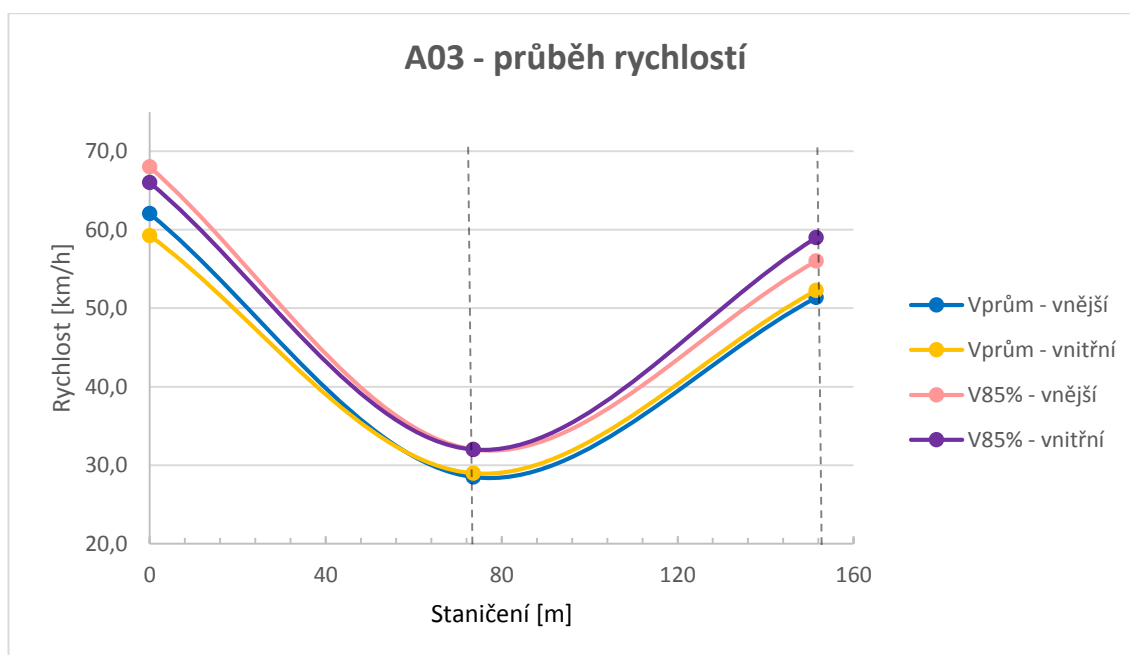
Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno celkem 185 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 25 a vyneseny v grafu 11.

	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	62,1	28,5	51,4
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	59,2	29,0	52,2
$V_{85\%} - \text{vnější}$	68,0	32,0	56,0
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	66,0	32,0	59,0

V_{prům}	60,4	28,8	51,9
V_{85%}	67,0	32,0	58,0

Tab. 25: A03 - rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 73,5m, třetí radar má staniční 151,5m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 40 km/h.

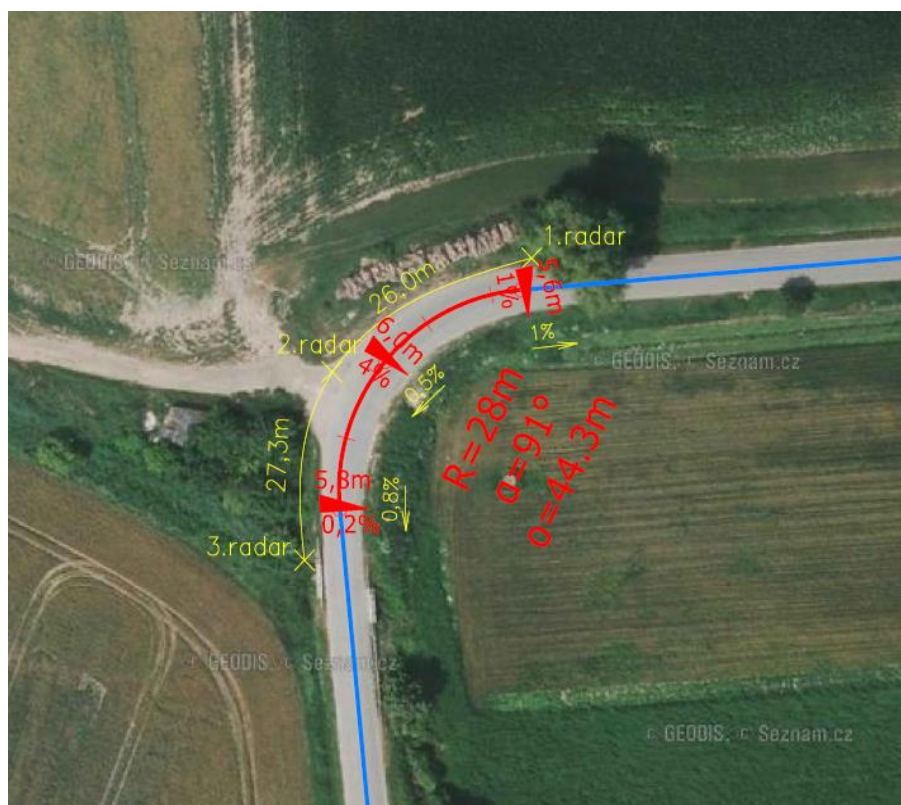


Graf: 11 A03 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost ve vrcholu oblouku je 28,8 km/h. To je zpomalení oproti hodnotám naměřených na prvním radaru o 52,4 %. U 85% rychlosti je zpomalení o 52,2 % na hodnotu 32,0 km/h. V tomto případě jde vidět, že rychlosti ve vnitřním a vnějším pruhu se prakticky neliší.

4.3.6 **A04 - II/381 - Borkovany, okres Břeclav - km 30,8**

Oblouk s označením A04 se nachází na 30,8 km silnice II. třídy číslo 381 mezi obcemi Borkovany a Velké Hostěrádky. Poloměr oblouku je 28 m, směrový úhel 91° , délka oblouku 44,3 m, šířka vozovky 5,8 m, rozšíření 0,2 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 4,0 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku - 0,5 %.



Obr. 10: A04 - Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno celkem 62 vozidel v oblouku. Toto číslo je dané velmi malou intenzitou, která na komunikaci byla i přesto, že bylo měřeno v pátek v odpoledních hodinách. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 26 a vyneseny v grafu 12.

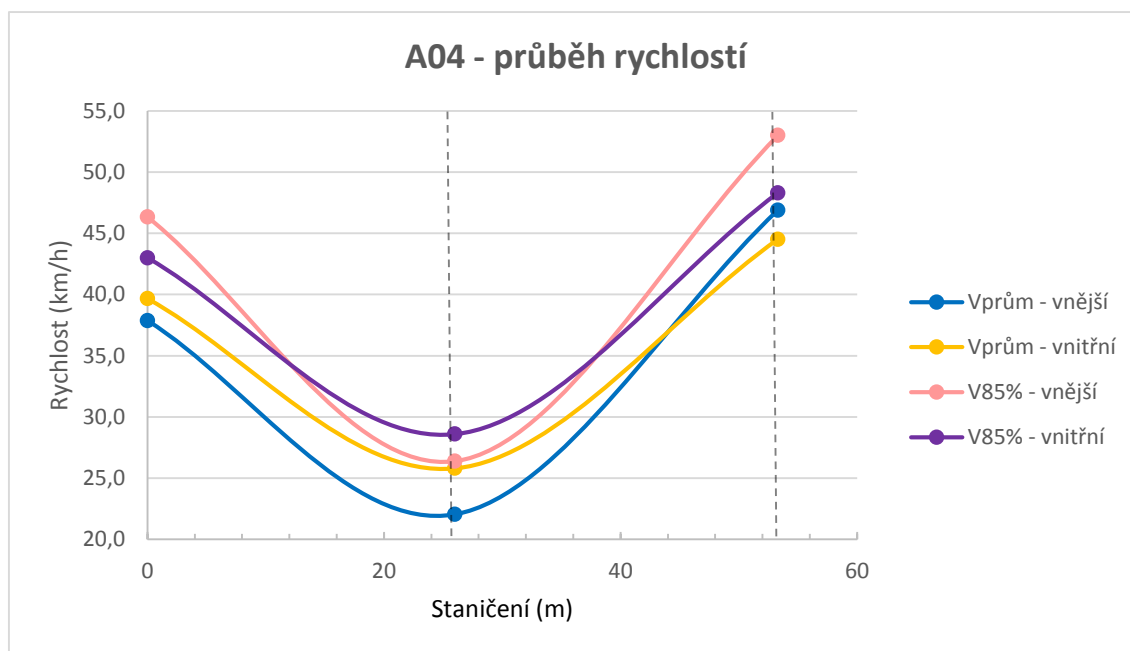
	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	37,9	22,0	46,9
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	39,7	25,8	44,5

$V_{85\%} - \text{vnější}$	46,4	26,4	53,0
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	43,0	28,6	48,3

V_{prům}	38,9	24,3	45,5
V_{85%}	44,0	28,0	51,0

Tab. 26: A04 - rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 26,0m, třetí radar má staniční 53,3 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 31 km/h.

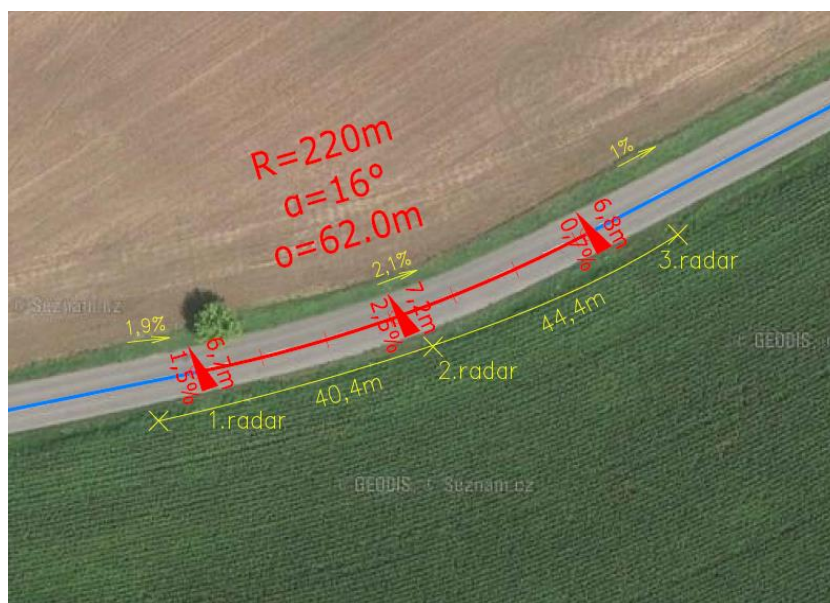


Graf: 12 A04 – průběh rychlostí

Z grafu můžeme vidět standardní průběh rychlostí pro průjezd vozidla obloukem. Průměrná rychlost má hodnotu 24,3 km/h a zpomalení oproti prvnímu radaru je o 37,5 %. 85 % rychlost má hodnotu 28,0 km/h a zpomalení je o 36,4 %.

4.3.7 A05 - II/422 - Svatobořice-Mistřín, okres Hodonín - km 28,3

Oblouk s označením A05 se nachází na 28,3 km silnice II. třídy číslo 422 mezi obcemi Šardice a Svatobořice-Mistřín. Poloměr oblouku je 220 m, směrový úhel 16° , délka oblouku 62,0 m, šířka vozovky 6,7 m, rozšíření 0,5 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 2,5 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku - 2,1 %.



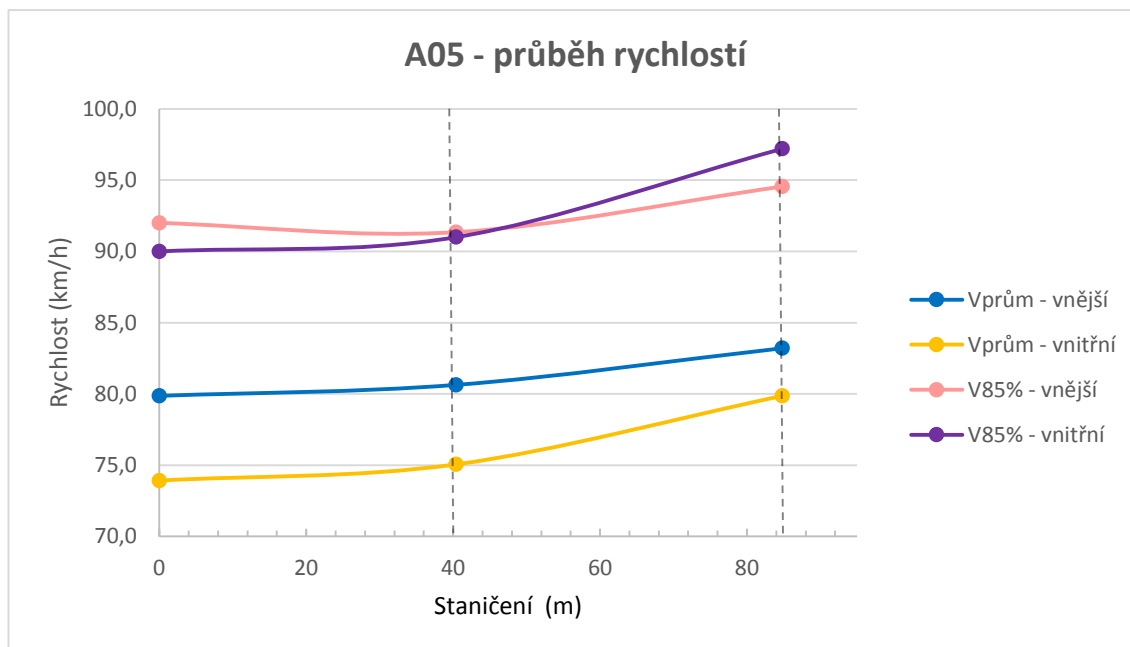
Obr. 11: A05 - Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno celkem 121 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 27 a vyneseny v grafu 13.

	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	79,9	80,6	83,2
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	73,9	75,1	79,9
$V_{85\%} - \text{vnější}$	92,0	91,4	94,6
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	90,0	91,0	97,2
$V_{\text{prům}}$	76,5	77,5	81,2
$V_{85\%}$	91,2	91,0	96,0

Tab. 27: A05 - rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 40,4m, třetí radar má staniční 84,8 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 121 km/h.



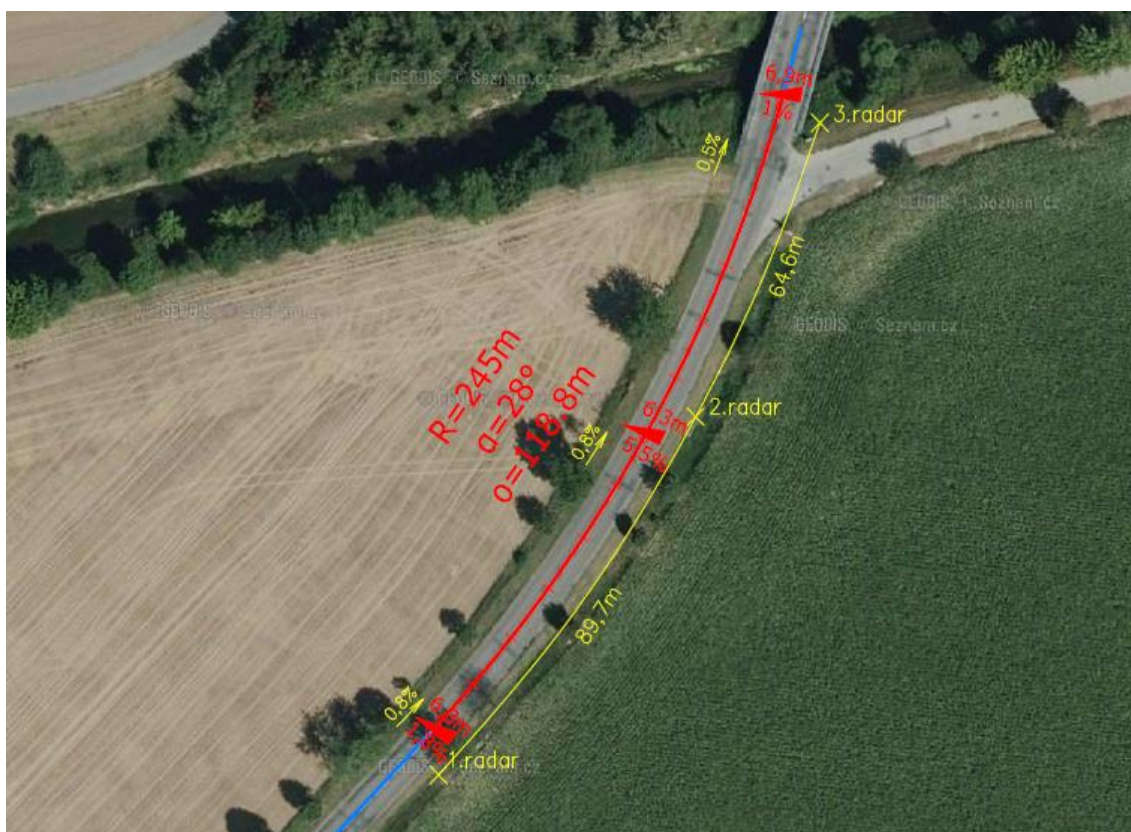
Graf: 13 A05 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost je 77,5 km/h. 85% rychlost je 91,0 km/h. I z tohoto údaje můžeme vyvozovat, že postavení radarů u silnice nemá zásadní dopad na rychlosti vozidel a tudíž měření tímto není ovlivněno.

Z grafu 12 můžeme vidět, že vozidla v oblouku dosahují větší rychlostí než u radaru č. 1. To může být způsobeno špatným natočením radaru. Spíše ale při parametrech tohoto oblouku (poloměr, směrový úhel) můžeme tvrdit, že takovýto oblouk nemá na chování řidiče příliš vliv a bere ho spíše jako přímý úsek.

4.3.8 A06 - II/416 – Žatčany, okres Brno – venkov - km 13,9

Oblouk s označením A06 se nachází na 13,9 km silnice II. třídy číslo 416 mezi obcemi Žatčany a Újezd u Brna. Poloměr oblouku je 245 m, směrový úhel 28° , délka oblouku 118,8 m, šířka vozovky 6,3 m, rozšíření 0,0 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 5,5 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku - 0,8 %.



Obr. 12: A06 - Ortofotomapa

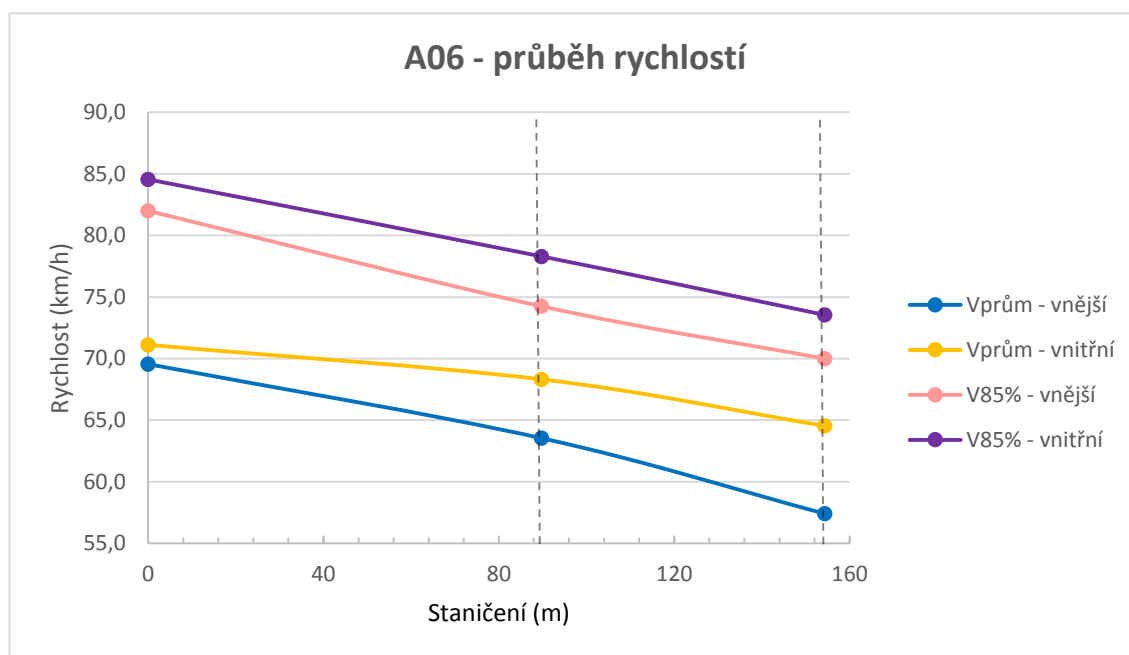
Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno celkem 93 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 28 a vyneseny v grafu 14.

	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	69,6	63,5	57,4
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	71,1	68,3	64,5
$V_{85\%} - \text{vnější}$	82,0	74,3	70,0
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	84,6	78,3	73,6

V_{prům}	70,3	66,0	60,9
V_{85%}	84,0	78,0	72,3

Tab. 28: A06 - rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 89,7m, třetí radar má staniční 154,3 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 108 km/h.

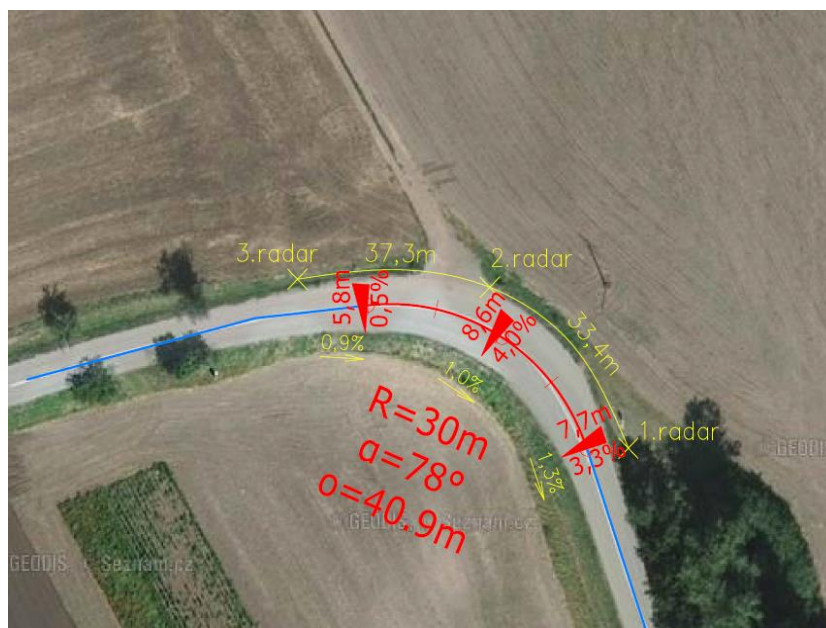


Graf: 14 A06 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost je 66,0 km/h. 85% rychlost je 78,0 km/h. Z průběhu rychlostí je vidět, že nejnižší rychlosti je dosahováno u radaru č. 3, což může být odůvodněno vedlejší komunikací, která řidiče nutí nezrychlovat, nebo mostem, který je hned u konce oblouku.

4.3.9 A07 - III/4194 – Vážany nad Litavou, okres Vyškov - km 3,0

Oblouk s označením A07 se nachází na 3,0 km silnice III. třídy číslo 4494 mezi obcemi Hrušky a Vážany nad Litavou. Poloměr oblouku je 30 m, směrový úhel 78° , délka oblouku 40,9 m, šířka vozovky 5,8 m, rozšíření 2,8 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 4,0 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku + 1,0 %.



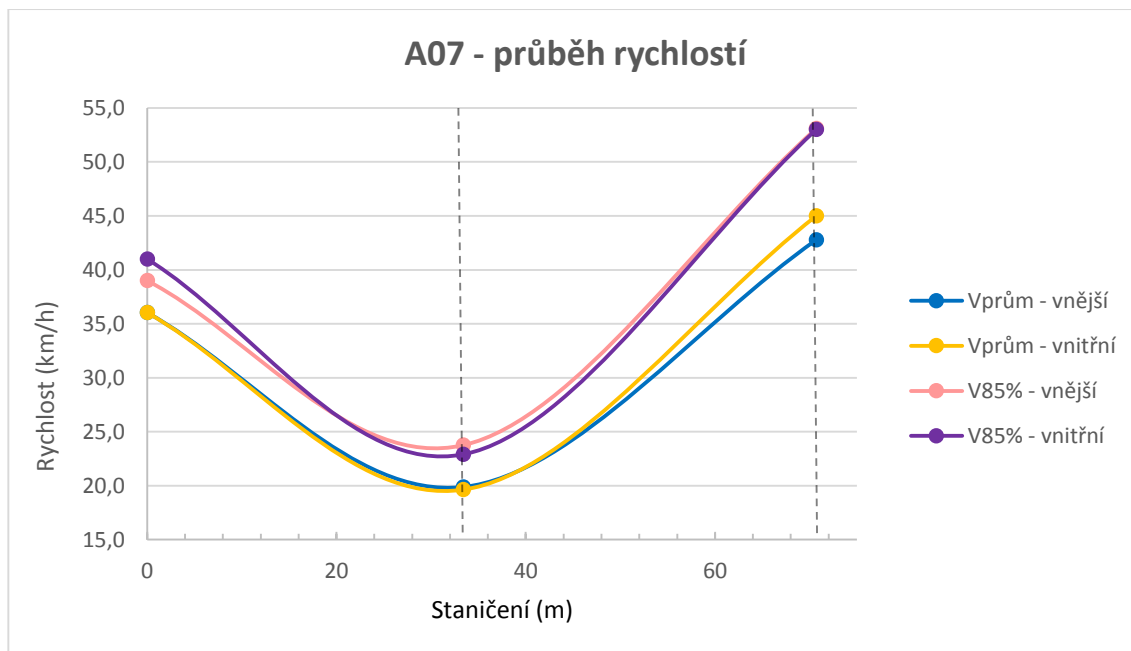
Obr. 13: A07 – Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno celkem 61 vozidel v oblouku. Toto malé číslo je způsobeno nízkou intenzitou vozidel na této komunikace III. třídy. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 29 a vyneseny v grafu 15.

	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	36,0	19,9	42,8
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	36,0	19,6	45,0
$V_{85\%} - \text{vnější}$	39,0	23,8	53,1
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	41,0	22,9	53,0
$V_{\text{prům}}$	36,0	19,7	44,0
$V_{85\%}$	40,0	23,0	53,0

Tab. 29: A07 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 33,4 m, třetí radar má staničení 70,7 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 34 km/h.

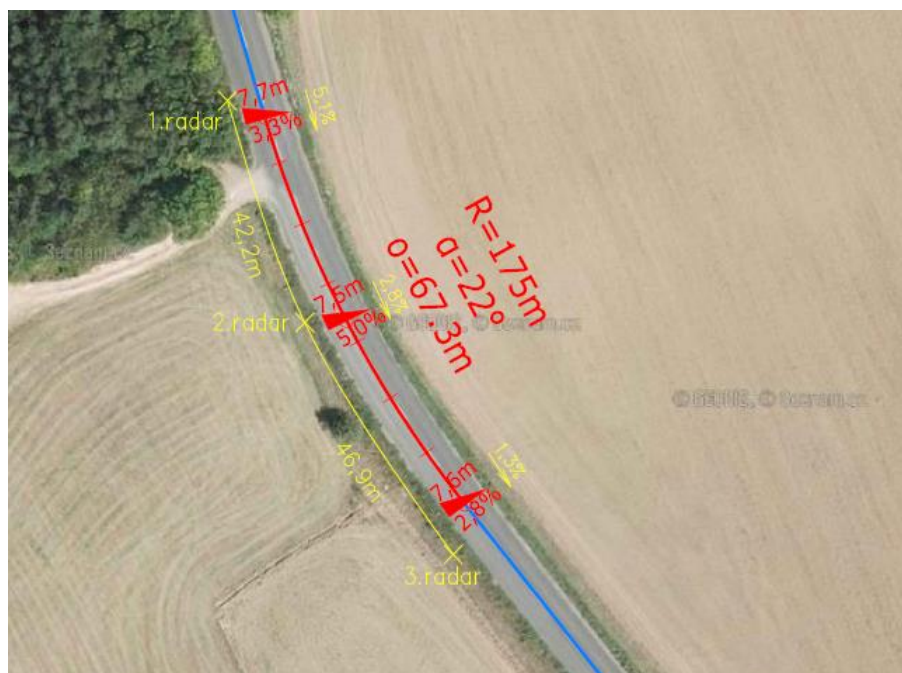


Graf: 15 A07 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost je 19,7 km/h. 85% rychlost je 23,0 km/h. Zpomalení mezi prvním a druhým radarem je 45,4 % pro průměrnou rychlost, respektive 42,5 % pro 85% rychlost.

4.3.10 A08 - I/54 – Žarošice, okres Hodonín - km 11,4

Oblouk s označením A08 se nachází na 11,4 km silnice I. třídy číslo 54 mezi obcemi Nížkovice a Žarošice. Poloměr oblouku je 175 m, směrový úhel 22° , délka oblouku 67,3 m, šířka vozovky 7,6 m, rozšíření 0,0 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 5,0 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku - 2,8 %.



Obr. 14: A08 - Ortofotomapa

Z celkového počtu 355 vozidel bylo po filtraci ovlivněných vozidel započítáno 205 vozidel v oblouku. Takovýto pokles byl způsoben velkou intenzitou a nedostatečnými odstupy vozidel za sebou. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 30 a vyneseny v grafu 16.

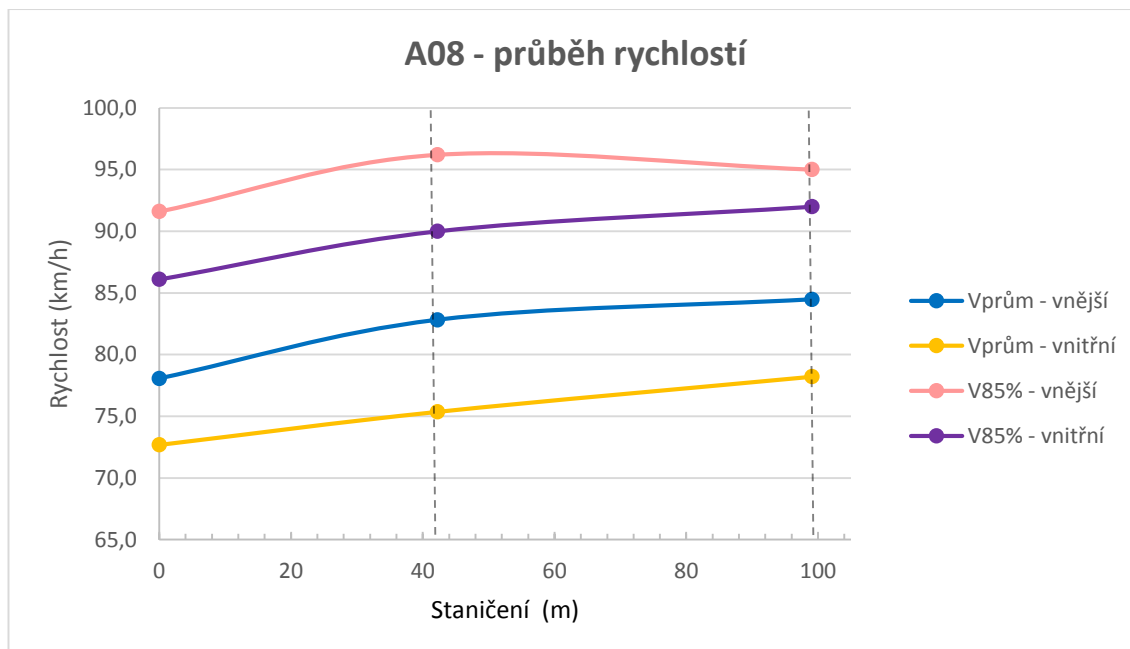
	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	78,1	82,8	84,5
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	72,7	75,4	78,2

$V_{85\%} - \text{vnější}$	91,6	96,2	95,0
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	86,1	90,0	92,0

$V_{\text{prům}}$	75,8	79,5	81,9
$V_{85\%}$	89,0	93,0	94,8

Tab. 30: A08 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 42,2 m, třetí radar má staniční 99,1 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 128 km/h.



Graf: 16 A08 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost v oblouku je 79,5 km/h. 85% rychlost je 93,0 km/h. Rozdíl mezi rychlostmi u radarů 1, 2 a 3 je v rozmezí 5 km/h. Z toho vyplývá, že ani tento oblouk není vnímán řidiči tak, že by museli výrazně zpomalit. Navíc zde můžeme vidět velké rozdíly mezi rychlostmi ve vnějším a vnitřním pruhu, což může být způsobeno i podélným sklonem o hodnotě cca 3 %.

4.3.11 A09 - I/54 – Nížkovice, okres Vyškov - km 6,8

Oblouk s označením A09 se nachází na 6,8 km silnice I. třídy číslo 54 mezi obcemi Nížkovice a Žarošice. Poloměr oblouku je 130 m, směrový úhel 37° , délka oblouku 82,9 m, šířka vozovky 6,8 m, rozšíření 0,2 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 4,3 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku - 1,5 %.



Obr. 15: A09 - Ortofotomapa

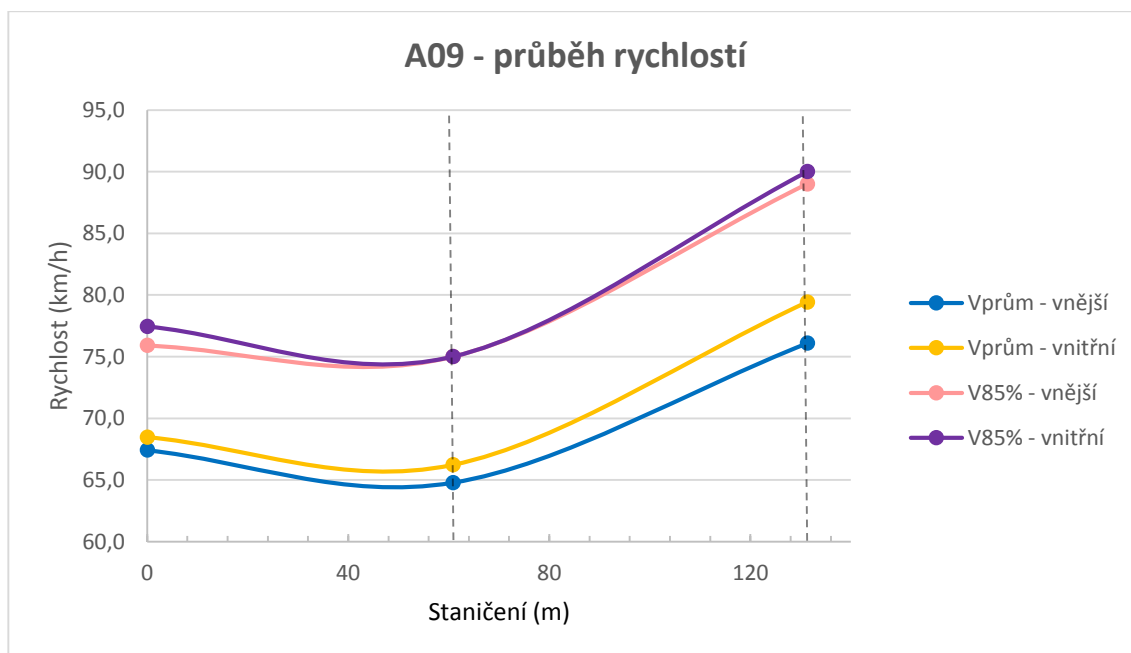
Z celkového počtu 375 vozidel bylo po filtraci ovlivněných vozidel započítáno 228 vozidel v oblouku. Takovýto pokles byl způsoben velkou intenzitou a nedostatečnými odstupy vozidel za sebou. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 31 a vyneseny v grafu 17.

	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	67,4	64,8	76,1
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	68,5	66,2	79,4
$V_{85\%} - \text{vnější}$	75,9	75,0	89,0
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	77,5	75,0	90,0

V_{prům}	68,1	65,7	78,2
V_{85%}	77,0	75,0	90,0

Tab. 31: A09 - rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 60,8 m, třetí radar má staniční 150,3 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 102 km/h.

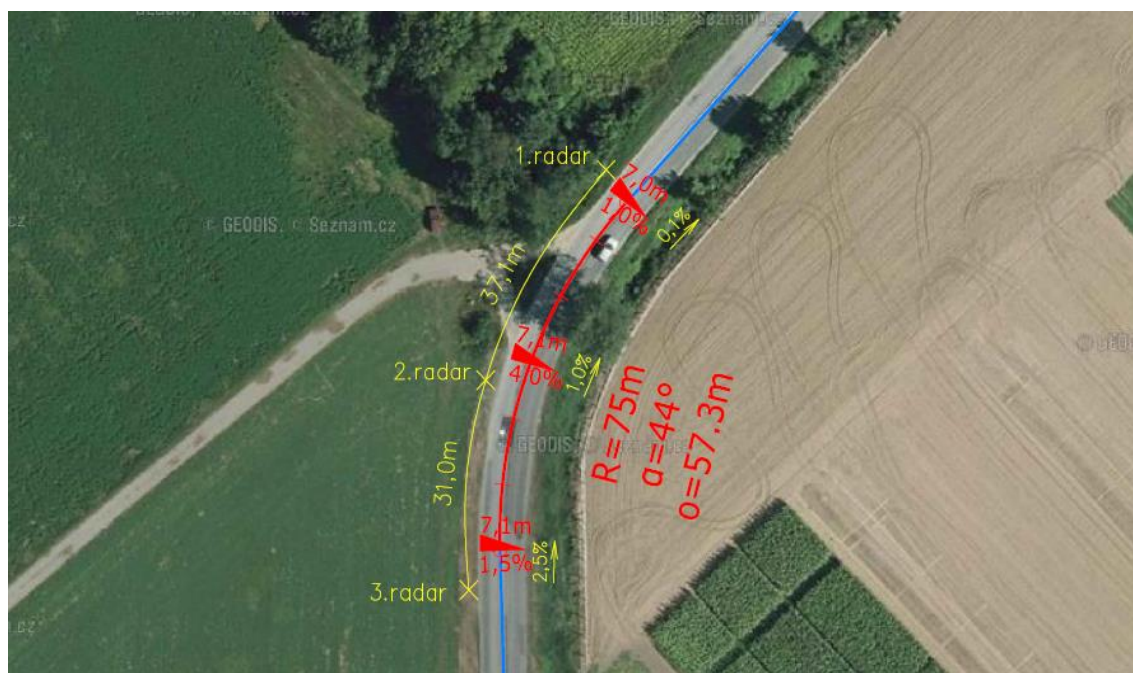


Graf: 17 A09 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost v oblouku byla 65,7 km/h, 85% rychlost 75,0 km/h. Poměr zpomalení mezi radary 2 a 3 je shodně 16 %. Mezi radary 1 a 2 je to jen 3,5 %, což může být způsobeno rozdílnými vzdálenostmi radarů, nebo například podélným sklonem.

4.3.12 B01 - II/416 – Židlochovice, okres Brno – venkov - km 28,4

Oblouk s označením B01 se nachází na 28,4 km silnice II. třídy číslo 416 mezi obcemi Židlochovice a Žabčice. Poloměr oblouku je 75 m, směrový úhel 44° , délka oblouku 57,3 m, šířka vozovky 7,0 m, rozšíření 0,1 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 4,0 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku + 1,0 %.



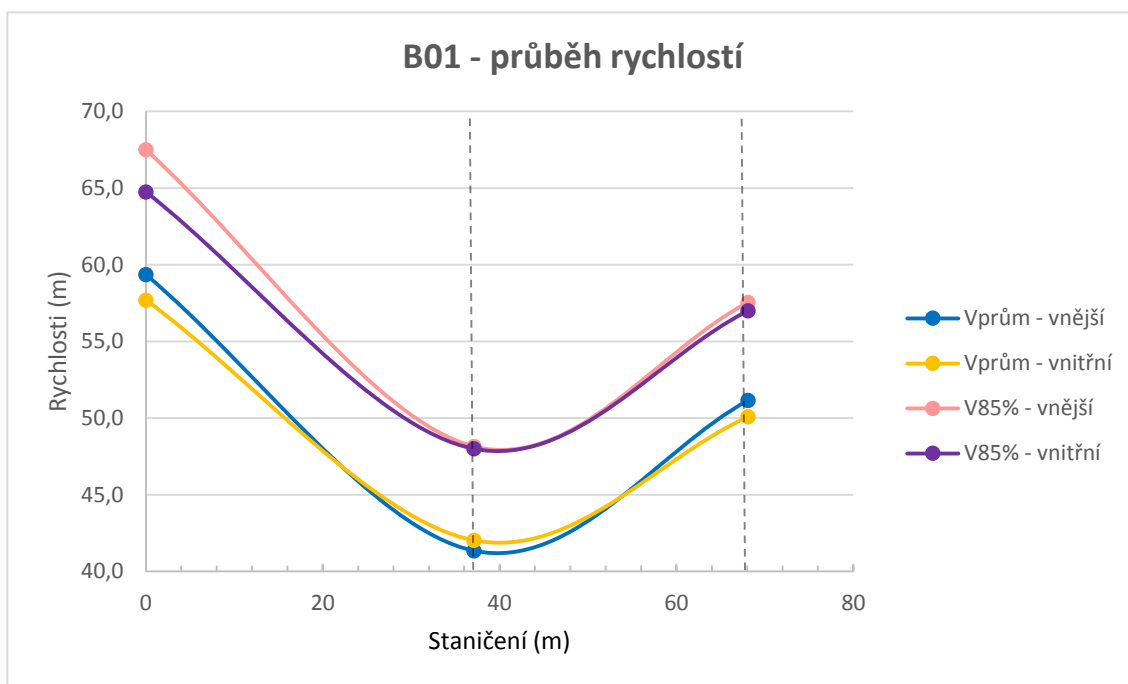
Obr. 16: B01 - Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 120 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 32 a vyneseny v grafu 18.

	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	59,4	41,4	51,2
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	57,7	42,0	50,1
$V_{85\%} - \text{vnější}$	67,5	48,2	57,6
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	64,8	48,0	57,0
$V_{\text{prům}}$	58,5	41,7	50,6
$V_{85\%}$	66,0	48,0	57,0

Tab. 32: B01 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 37,1 m, třetí radar má staniční 68,1 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 57 km/h.

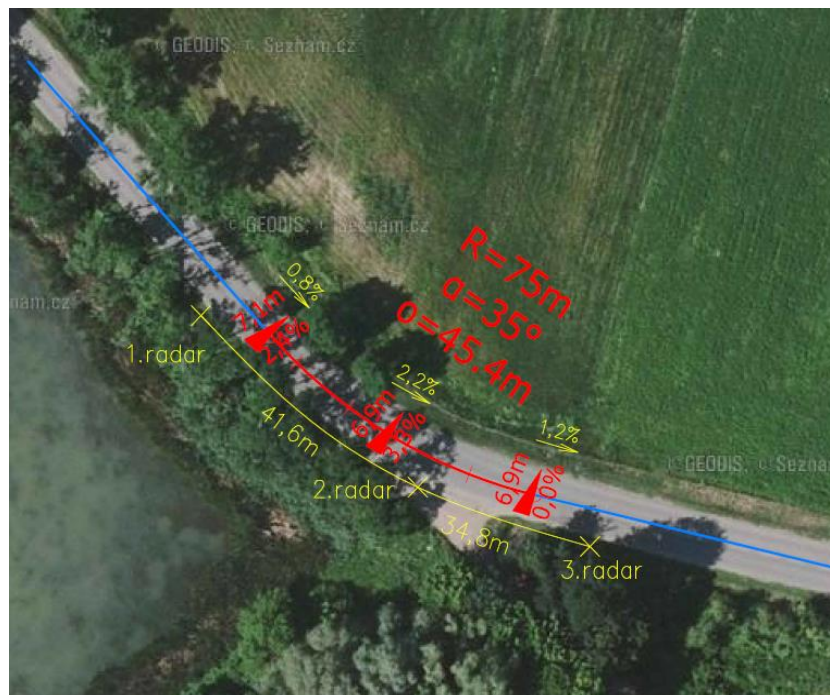


Graf: 18 B01 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost v oblouku byla naměřena 41,7 km/h, 85% rychlost potom 48,0 km/h. Zpomalení mezi radary 1 a 2 je 28,8 % (27,3% pro $V_{85\%}$).

4.3.13 B02 - II/381 – Velký Dvůr, okres Brno – venkov - km 2,5

Oblouk s označením B02 se nachází na 2,5 km silnice II. třídy číslo 381 mezi obcemi Velký Dvůr a Příbice. Poloměr oblouku je 75 m, směrový úhel 35° , délka oblouku 45,4 m, šířka vozovky 6,9 m, rozšíření 0,0 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 3,3 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku – 2,2 %.



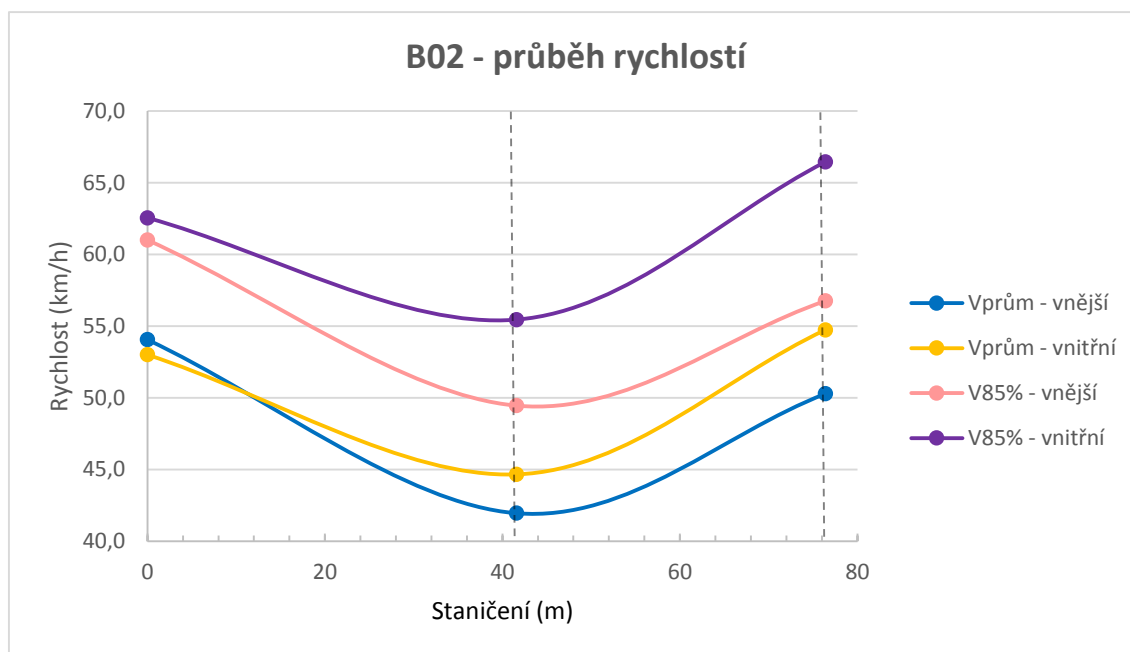
Obr. 17: B02 – Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 76 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 33 a vyneseny v grafu 19.

	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	54,0	41,9	50,3
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	53,0	44,7	54,7
$V_{85\%} - \text{vnější}$	61,0	49,5	56,8
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	62,6	55,5	66,5
$V_{\text{prům}}$	53,5	43,3	52,6
$V_{85\%}$	62,0	52,0	62,0

Tab. 33: B02 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 41,6 m, třetí radar má staniční 76,4 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 79 km/h.

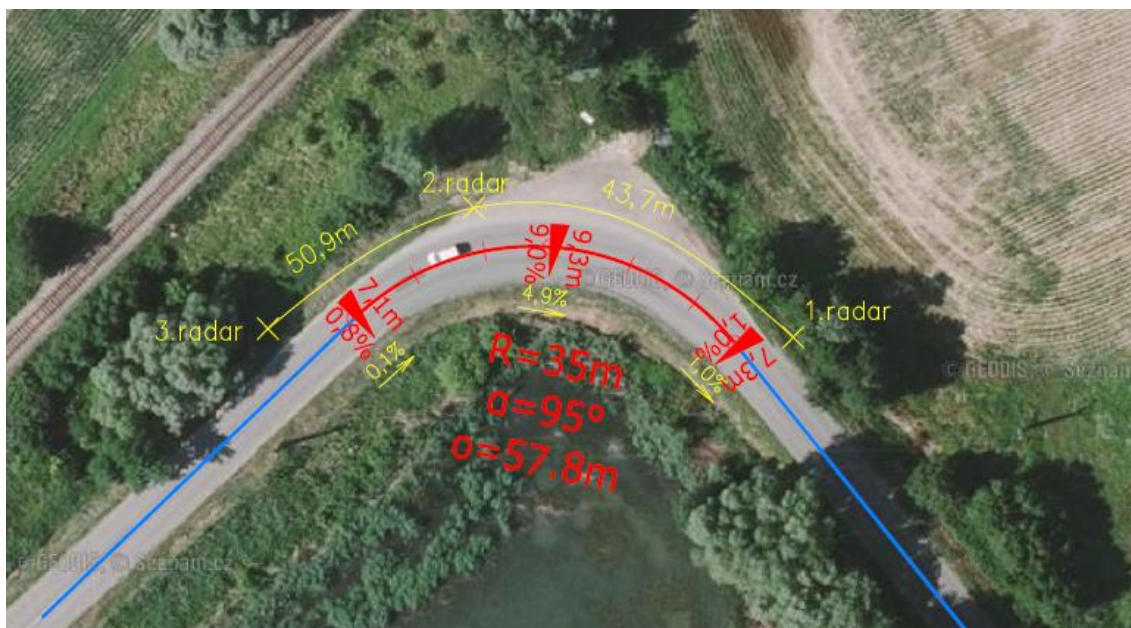


Graf: 19 B02 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost v oblouku byla naměřena 43,3 km/h, 85% rychlost potom 52,0 km/h. Zpomalení mezi radary 1 a 2 je 19,1 % pro průměrnou rychlost a 16,1 % pro $V_{85\%}$. Z průběhu rychlostí jde vidět, že rychlost ve vnitřním pruhu byla výrazně větší (především v místě radaru č. 3), což může být dáno dlouhou přímou před nájezdem do oblouku z této strany, kdy po výjezdu z oblouku následuje po cca 200m další oblouk, tudíž řidiči viditelně nezrychlovali.

4.3.14 B03 - II/381 – Velký Dvůr, okres Brno – venkov - km 2,2

Oblouk s označením B03 se nachází na 2,2 km silnice II. třídy číslo 381 mezi obcemi Velký Dvůr a Příbice. Poloměr oblouku je 35 m, směrový úhel 95° , délka oblouku 57,8 m, šířka vozovky 7,3 m, rozšíření 2,0 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 9,0 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku + 4,9 %.



Obr. 18: B03 - Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 94 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 34 a vyneseny v grafu 20.

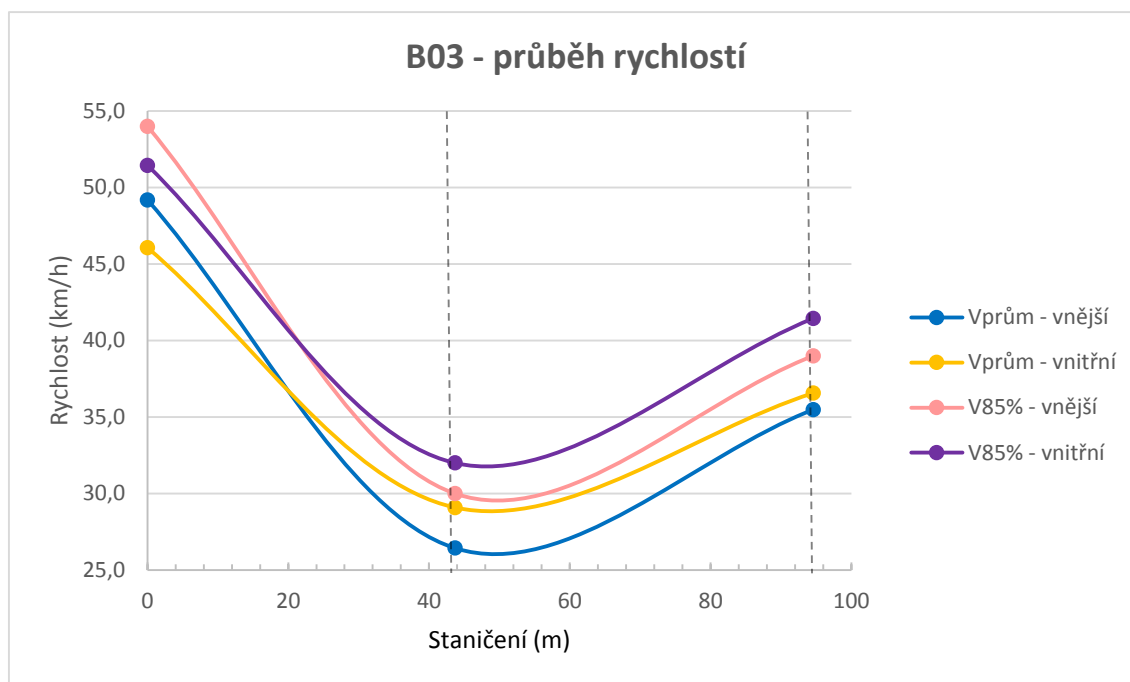
	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	49,2	26,4	35,5
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	46,1	29,1	36,6

$V_{85\%} - \text{vnější}$	54,0	30,0	39,0
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	51,5	32,0	41,5

$V_{\text{prům}}$	47,4	28,0	36,1
$V_{85\%}$	53,0	32,0	41,0

Tab. 34: B03 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 43,7 m, třetí radar má staniční 94,6 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 38 km/h.

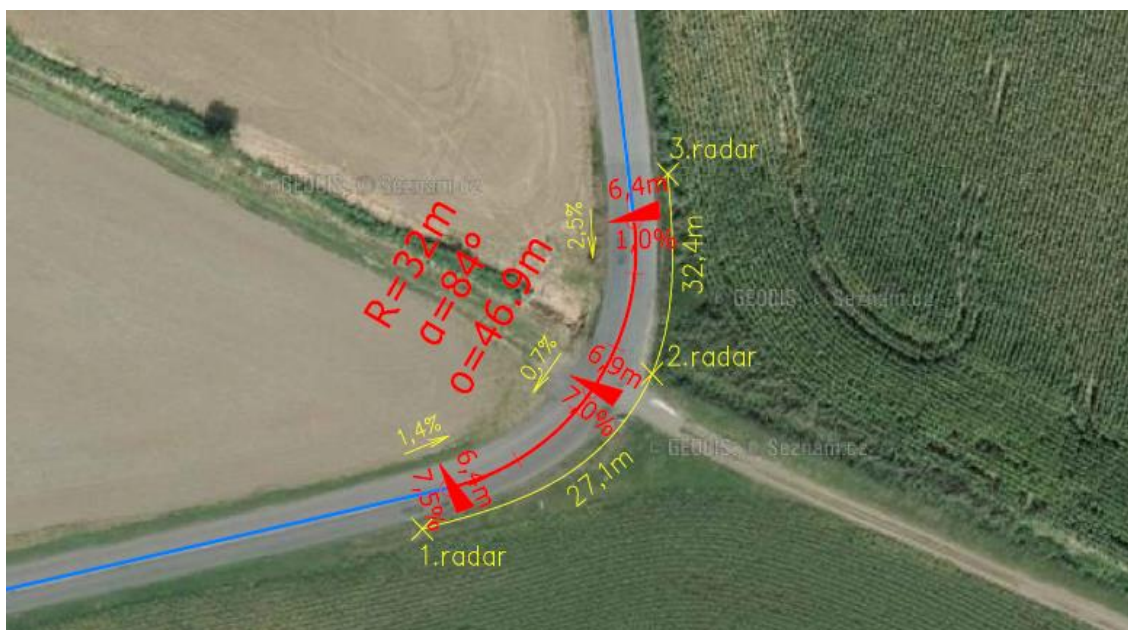


Graf: 20 B03 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost v oblouku byla naměřena 28,0 km/h, $V_{85\%}$ byla 32,0 km/h. Zpomalení mezi radary 1 a 2 je 40,9 % pro průměrnou rychlost a 39,6% pro $V_{85\%}$.

4.3.15 C01 - II/386 – Veverské Knínice, okres Brno – venkov - km 20,0

Oblouk s označením C01 se nachází na 20,0 km silnice II. třídy číslo 386 mezi obcemi Ostrovačice a Veverská Bítýška. Poloměr oblouku je 32 m, směrový úhel 84° , délka oblouku 46,9 m, šířka vozovky 6,4 m, rozšíření 0,5 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 7,0 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku +0,7 %.



Obr. 20: C01 - Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 84 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 35 a vyneseny v grafu 21.

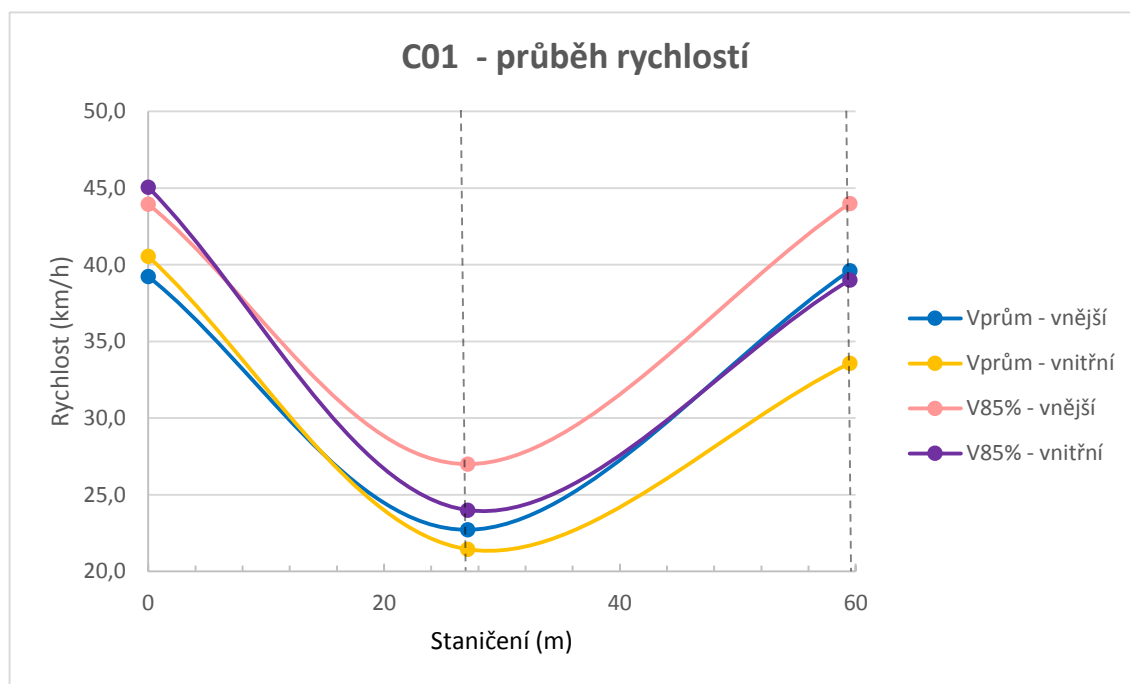
	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	39,2	22,7	39,6
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	40,5	21,4	33,6

$V_{85\%} - \text{vnější}$	44,0	27,0	44,0
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	45,1	24,0	39,0

$V_{\text{prům}}$	39,9	22,0	36,5
$V_{85\%}$	45,0	25,0	43,0

Tab. 35: C01 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 27,1 m, třetí radar má staničení 57,5 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 34 km/h.

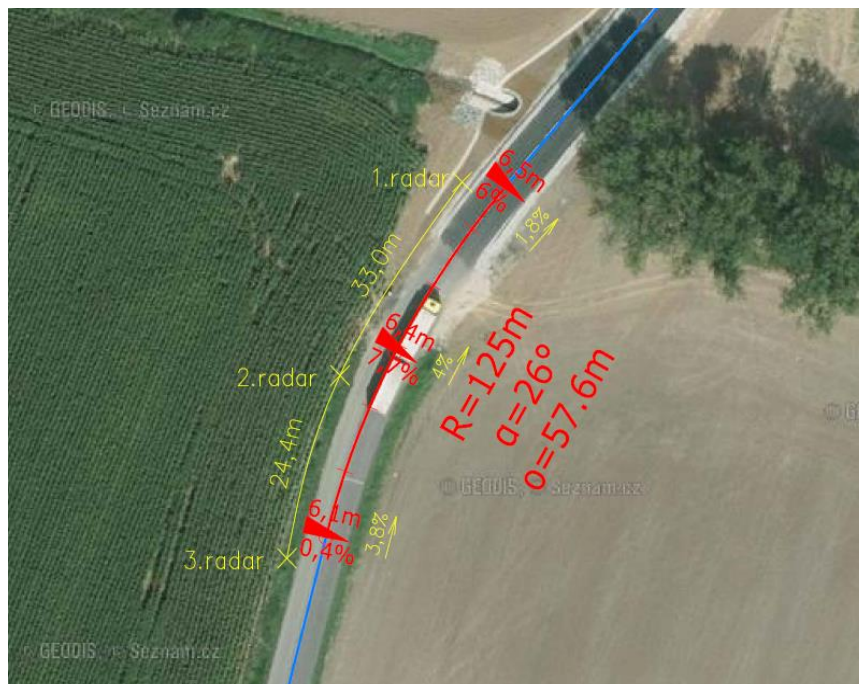


Graf: 21 C01 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost v oblouku byla 22,0 km/h, 85% rychlost potom 25,0 km/h. Poměr zpomalení je 44,6 % pro obě rychlosti. Na grafu průběhu rychlostí můžeme vidět, že především u oblouků malých poloměrů je rychlost ve vnějším pruhu větší. V tomto případě je to pro $V_{85\%}$ 3 km/h, kdy rozdíl poloměrů mezi pruhy je cca 3,5m.

4.3.16 C02 - II/386 – Veverské Knínice, okres Brno – venkov - km 18,6

Oblouk s označením C02 se nachází na 18,6 km silnice II. třídy číslo 386 mezi obcemi Ostrovačice a Veverská Bítýška. Poloměr oblouku je 125 m, směrový úhel 26° , délka oblouku 57,6 m, šířka vozovky 6,1 m, rozšíření 0,3 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 7,7 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku +4,0 %.



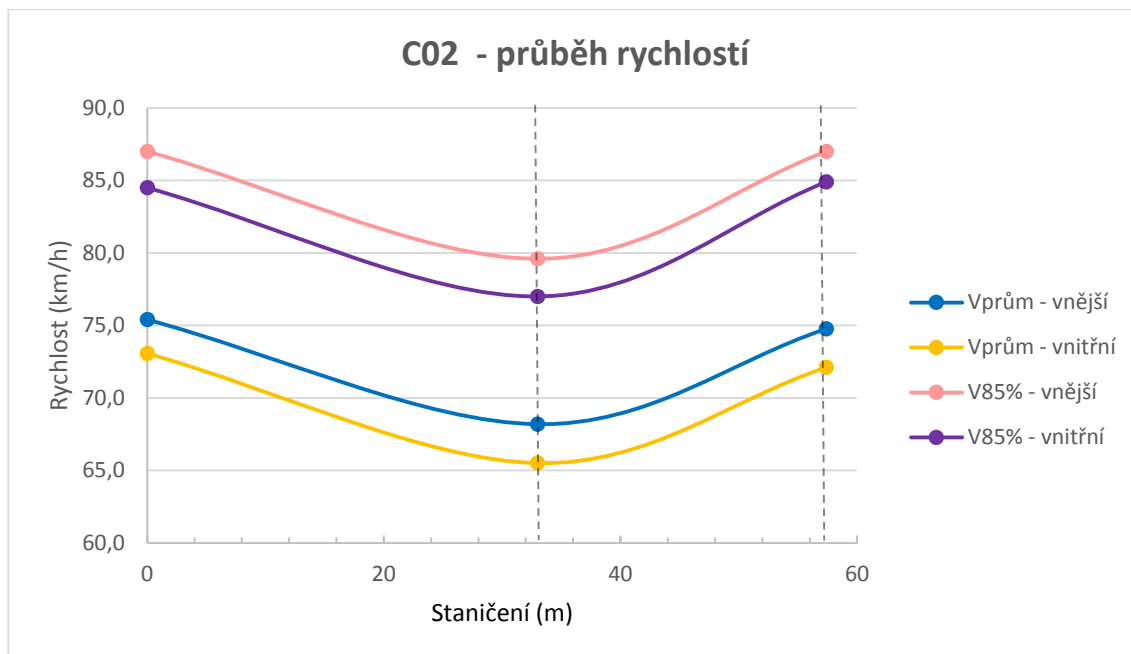
Obr. 21: C02 - Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 108 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 36 a vyneseny v grafu 22.

	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	75,4	68,2	74,8
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	73,1	65,5	72,1
$V_{85\%} - \text{vnější}$	87,0	79,6	87,0
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	84,5	77,0	84,9
$V_{\text{prům}}$	74,3	66,9	73,5
$V_{85\%}$	86,0	78,9	86,0

Tab. 36: C02 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 33,0 m, třetí radar má staniční 57,4 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 100 km/h.

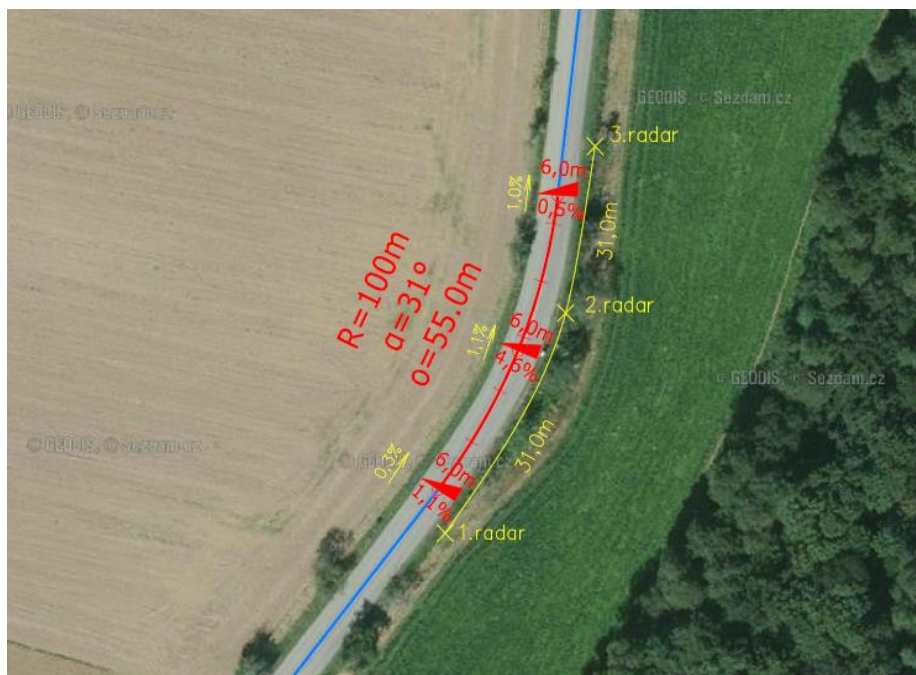


Graf: 22 C02 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost v oblouku byla 66,9 km/h, 85% rychlost potom 78,9 km/h. Poměr zpomalení je 9,9 % pro $V_{\text{prům}}$ a 8,3% pro $V_{85\%}$. I na tomto grafu lze pozorovat, že rychlost ve vnějším pruhu je o cca 3km/h vyšší než rychlost ve vnitřním pruhu.

4.3.17 C03 - II/386 – Veverské Knínice, okres Brno – venkov - km 16,6

Oblouk s označením C03 se nachází na 16,6 km silnice II. třídy číslo 386 mezi obcemi Ostrovačice a Veverská Bítýška. Poloměr oblouku je 100 m, směrový úhel 31° , délka oblouku 55,0 m, šířka vozovky 6,0 m, rozšíření 0,0 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 4,6 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku - 1,1 %.



Obr. 22: C03 – Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 131 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 37 a vyneseny v grafu 23.

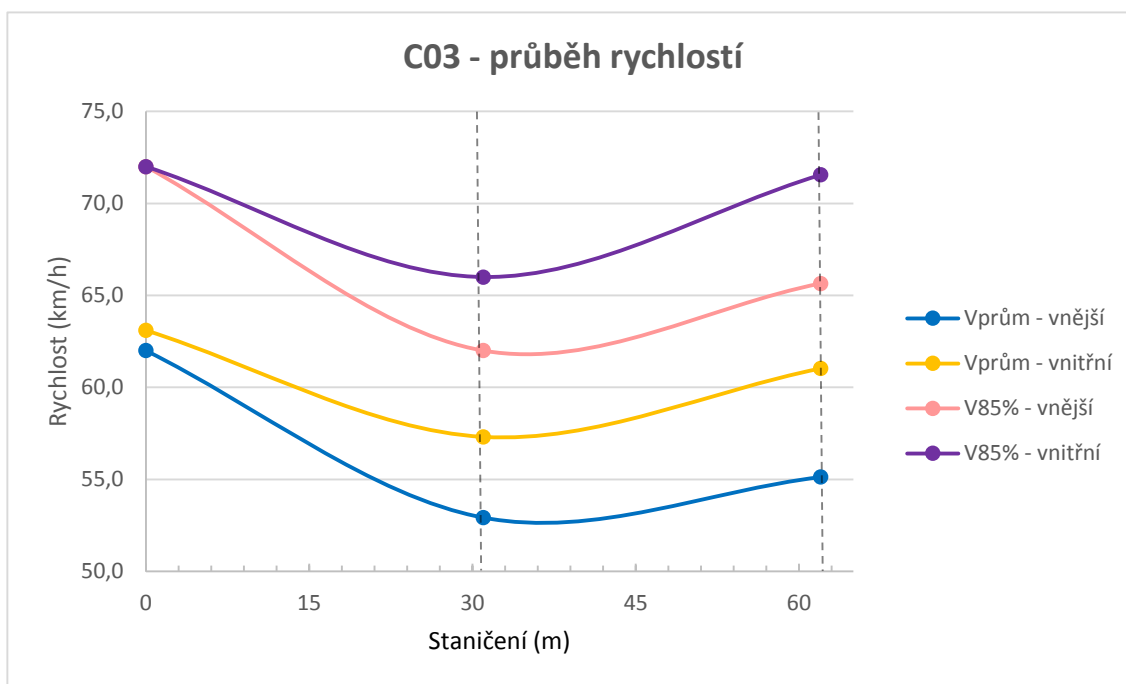
	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	62,0	52,9	55,1
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	63,1	57,3	61,0

$V_{85\%} - \text{vnější}$	72,0	62,0	65,7
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	72,0	66,0	71,6

$V_{\text{prům}}$	62,6	55,1	57,9
$V_{85\%}$	72,0	63,5	69,0

Tab. 37: C03 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 31,0 m, třetí radar má staniční 62,0 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 87 km/h.

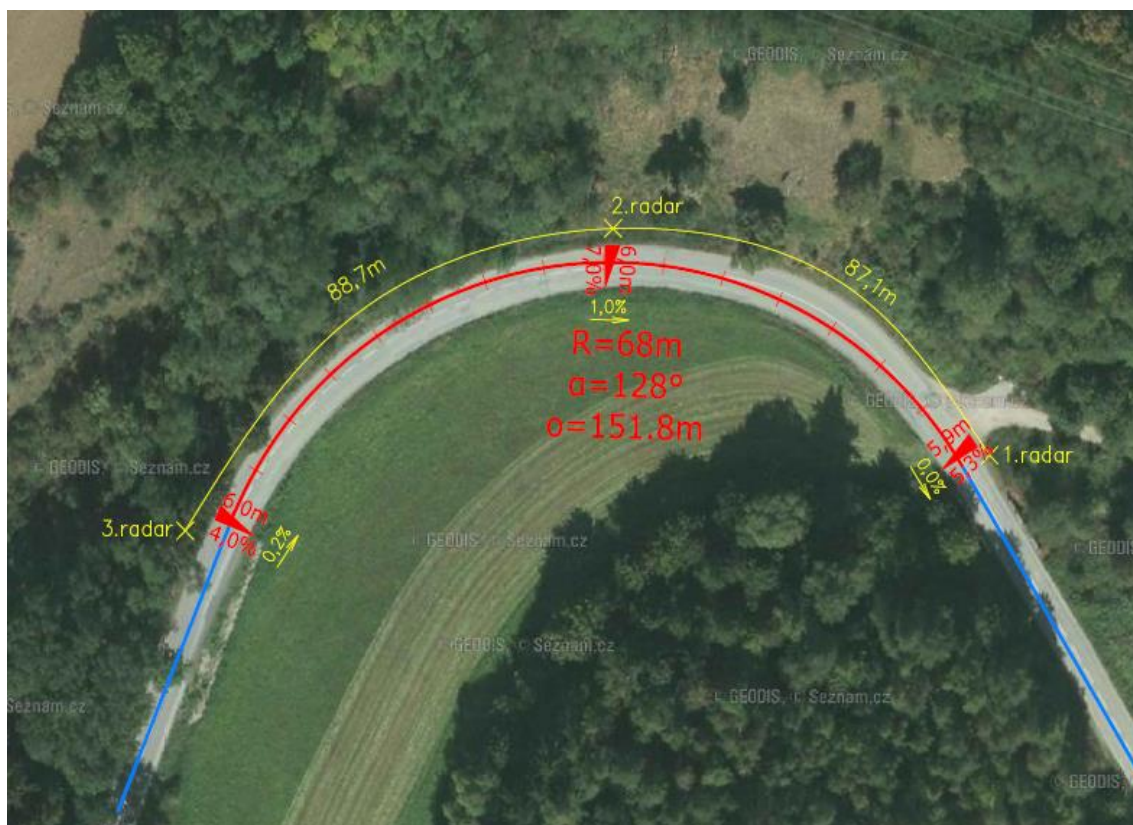


Graf: 23 C03 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost v oblouku byla 55,1 km/h, 85% rychlost potom 63,5 km/h. Poměr zpomalení je 12,0 % pro obě rychlosti.

4.3.18 C04 - II/386 – Chudčice, okres Brno – venkov - km 7,7

Oblouk s označením C04 se nachází na 7,7 km silnice II. třídy číslo 386 mezi obcemi Chudčice a Moravské Knínice. Poloměr oblouku je 68 m, směrový úhel 128° , délka oblouku 151,8 m, šířka vozovky 5,9 m, rozšíření 0,1 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 7,0 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku + 1,0 %.



Obr. 23: C04 – Ortofotomapa

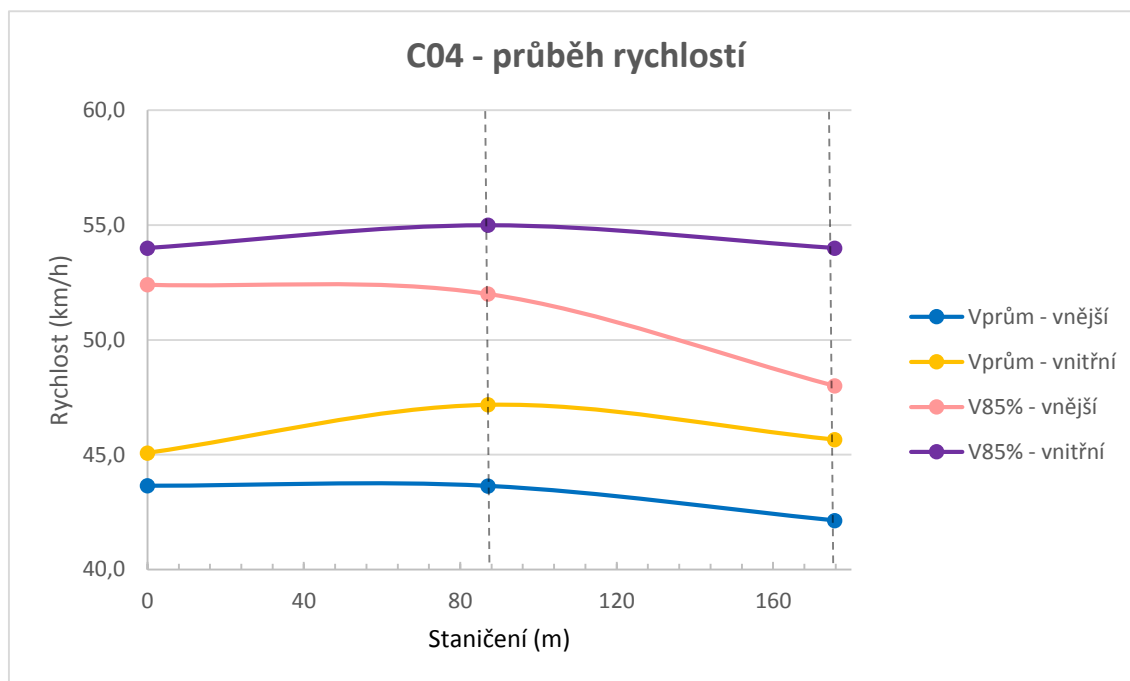
Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 123 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 38 a vyneseny v grafu 24.

	1. radar	2. radar	3. radar
V _{prům} - vnější	43,6	43,6	42,1
V _{prům} - vnitřní	45,1	47,2	45,7
V _{85%} - vnější	52,4	52,0	48,0
V _{85%} - vnitřní	54,0	55,0	54,0

V_{prům}	44,4	45,4	44,0
V_{85%}	54,0	53,7	51,0

Tab. 38: C04 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 87,1 m, třetí radar má staniční 175,8 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 61 km/h.

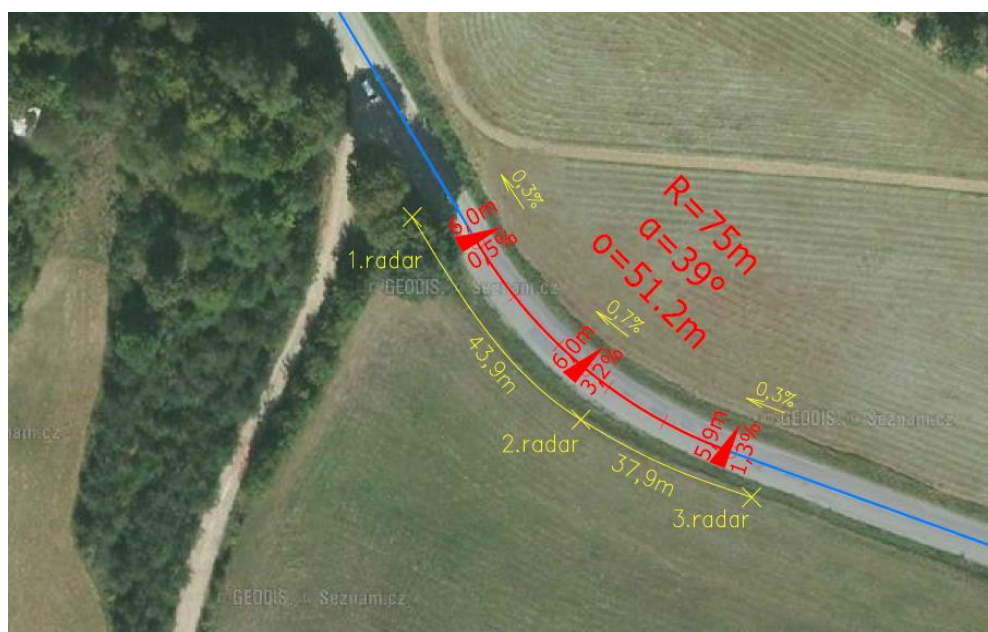


Graf: 24 C04 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost v oblouku byla 45,4 km/h, 85% rychlost potom 53,7 km/h. Poměr zpomalení je u průměrné rychlosti 2,3 %. Z grafu si všimnou, že v tomto oblouku jsou rychlosti ve vnitřním pruhu vyšší než rychlosti ve vnějším pruhu. Zároveň jde vidět, že vozidla projížděli téměř konstantní rychlostí celý oblouk měřený od radaru č. 1 po radar č. 3.

4.3.19 C05 - II/386 – Chudčice, okres Brno – venkov - km 7,5

Oblouk s označením C05 se nachází na 7,5 km silnice II. třídy číslo 386 mezi obcemi Chudčice a Moravské Knínice. Poloměr oblouku je 75 m, směrový úhel 39° , délka oblouku 51,2 m, šířka vozovky 5,9 m, rozšíření 0,1 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 3,2 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku + 0,7 %.



Obr. 24: C05 – Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 85 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 39 a vyneseny v grafu 25.

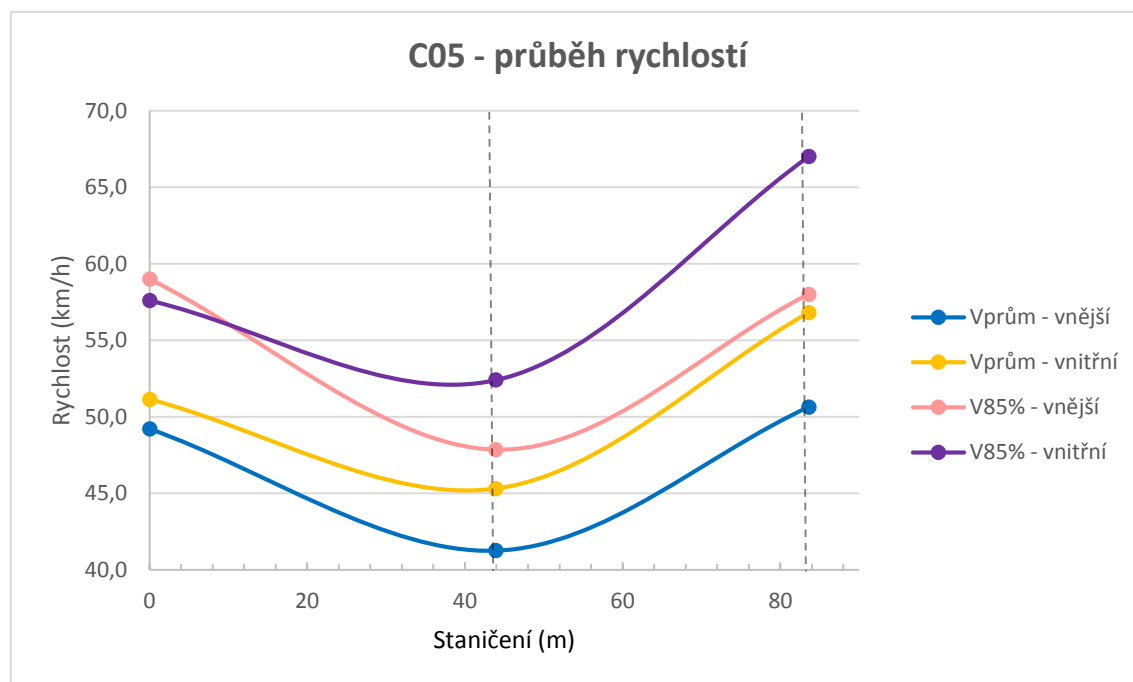
	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	49,2	41,3	50,6
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	51,1	45,3	56,8

$V_{85\%} - \text{vnější}$	59,0	47,9	58,0
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	57,6	52,4	67,0

$V_{\text{prům}}$	50,1	43,3	53,6
$V_{85\%}$	58,8	49,4	61,7

Tab. 39: C05 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 43,9 m, třetí radar má staniční 37,9 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 61 km/h.

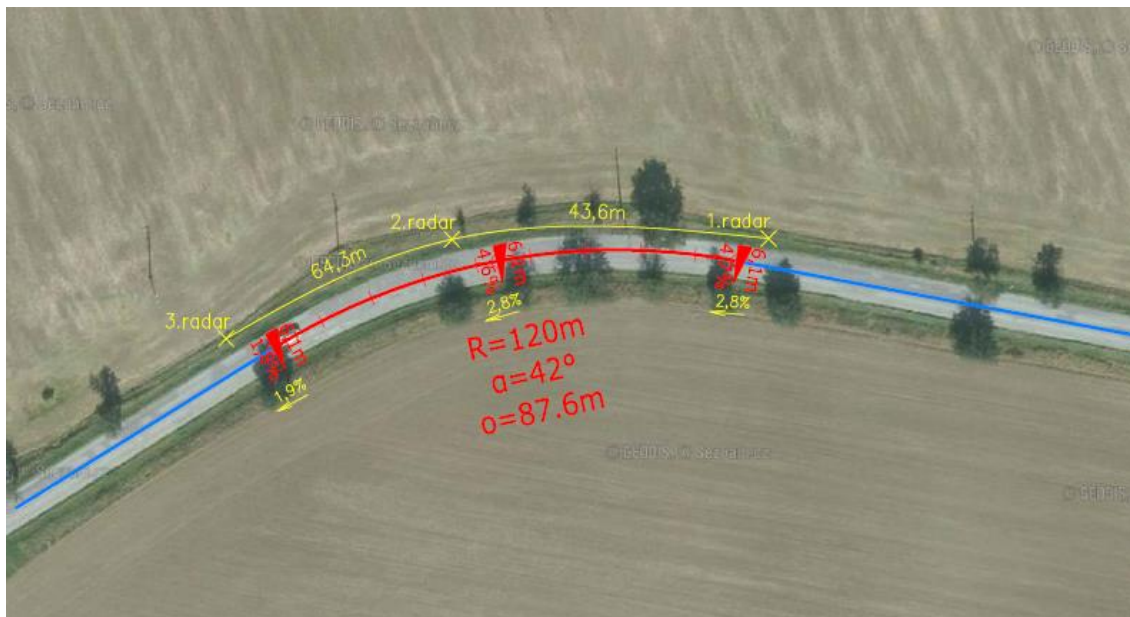


Graf: 25 C05 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost v oblouku byla 43,3 km/h, 85% rychlost potom 49,4 km/h. Na rychlosti naměřené v tomto oblouku má velký vliv dlouhý přímý úsek před radarem č. 3, který je výrazně delší než přímý úsek z druhé strany. Proto jsou rychlosti u radaru č. 3 ve vnitřním pruhu výrazně větší než ve vnějším.

4.3.20 C06 - II/386 – Kuřim, okres Brno – venkov - km 3,7

Oblouk s označením C06 se nachází na 3,7 km silnice II. třídy číslo 386 mezi obcemi Kuřim a Moravské Knínice. Poloměr oblouku je 120 m, směrový úhel 42° , délka oblouku 87,6 m, šířka vozovky 6,1 m, rozšíření 0,0 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 4,6 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku - 2,8 %.



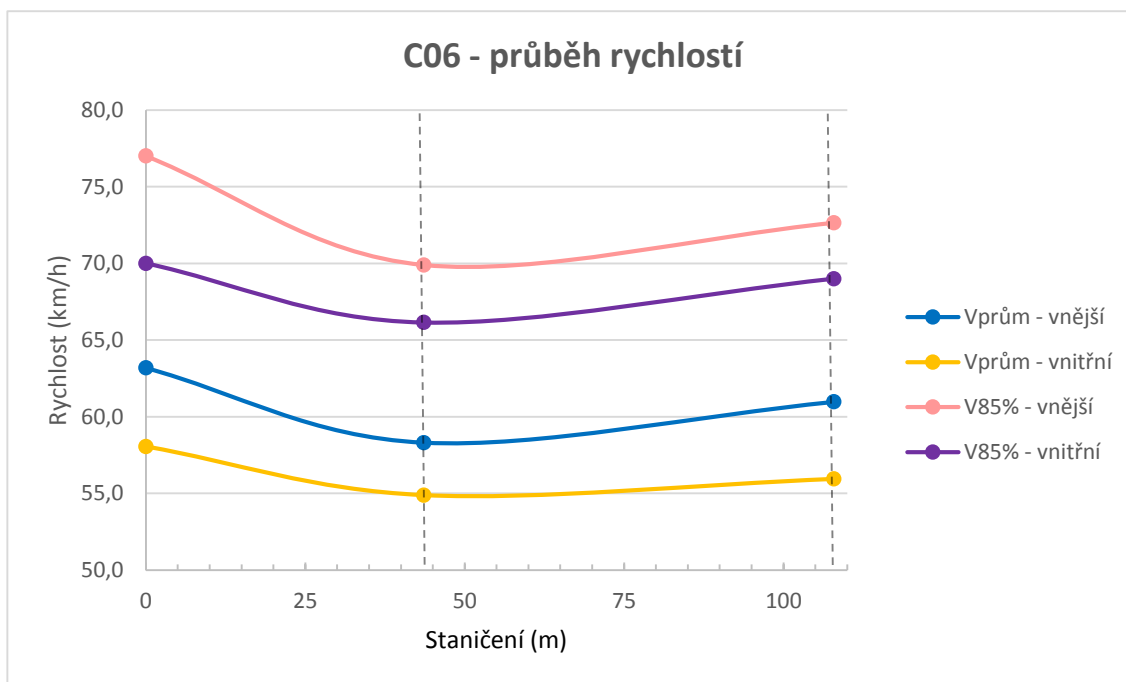
Obr. 25: C06 – Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 175 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 40 a vyneseny v grafu 26.

	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	63,2	58,3	61,0
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	58,1	54,9	55,9
$V_{85\%} - \text{vnější}$	77,0	69,9	72,7
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	70,0	66,2	69,0
$V_{\text{prům}}$	60,9	56,7	58,7
$V_{85\%}$	74,0	69,0	70,0

Tab. 40: C06 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 43,6 m, třetí radar má staniční 107,9 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 98 km/h.

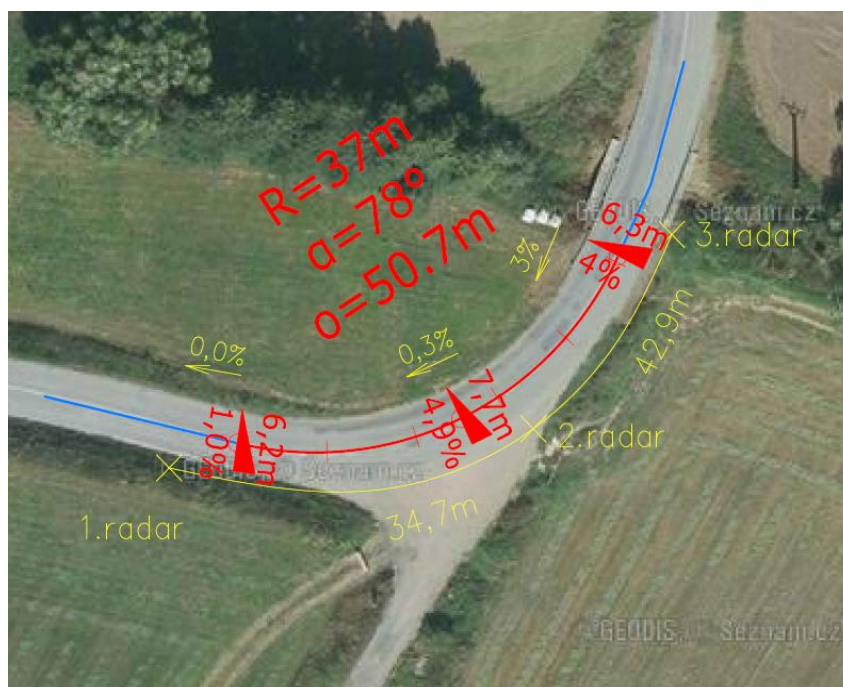


Graf: 26 C06 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost v oblouku byla 56,7 km/h, 85 % rychlost potom 69,0 km/h. Větší rozdíl mezi rychlostmi ve směrech je v tomto případě zřejmě způsoben podélným sklonem. Zpomalení pro obě rychlosti je 6,8 %.

4.3.21 C07 - II/386 – Moravské Knínice, okres Brno – venkov - km 5,6

Oblouk s označením C05 se nachází na 5,6 km silnice II. třídy číslo 386 mezi obcemi Chudčice a Moravské Knínice. Poloměr oblouku je 37 m, směrový úhel 78° , délka oblouku 50,7 m, šířka vozovky 6,2 m, rozšíření 1,5 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 4,9 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku + 0,3 %.



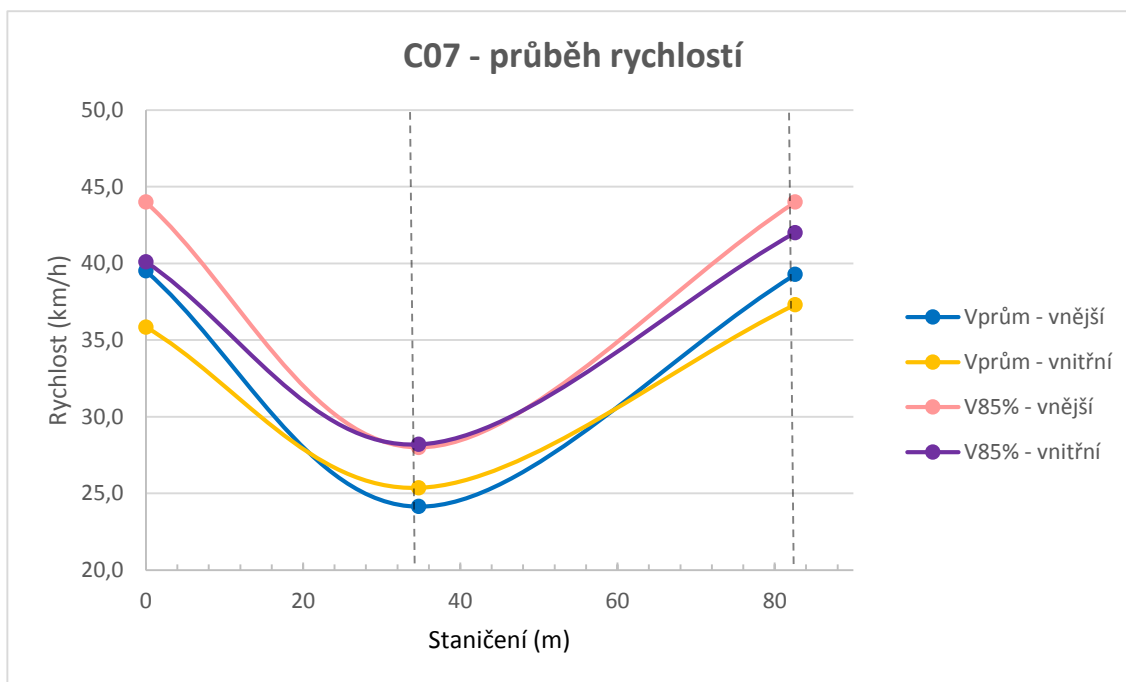
Obr. 26: C07 – Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 129 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 41 a vyneseny v grafu 27.

	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{prům} - vnější$	39,5	24,1	39,3
$V_{prům} - vnitřní$	35,9	25,4	37,3
$V_{85\%} - vnější$	44,0	28,0	44,0
$V_{85\%} - vnitřní$	40,1	28,2	42,0
$V_{prům}$	38,1	24,6	38,5
$V_{85\%}$	43,0	28,0	43,0

Tab. 41: C07 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 34,7 m, třetí radar má staniční 82,6 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 33 km/h.



Graf: 27 C07 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost v oblouku byla 24,6 km/h, 85 % rychlost potom 28,0 km/h. Při takto malém poloměru a téměř nulovém podélném sklonu vidíme z grafu, že rychlosti v pruzích ve vrcholu oblouku jsou téměř totožné.

4.3.22 C08 - II/377 – Rohozec, okres Brno – venkov - km 6,8

Oblouk s označením C08 se nachází na 6,8 km silnice II. třídy číslo 377 mezi obcemi Hájek a Rohozec. Poloměr oblouku je 115 m, směrový úhel 40° , délka oblouku 80,9 m, šířka vozovky 5,4 m, rozšíření 0,0 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 4,0 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku - 0,7 %.



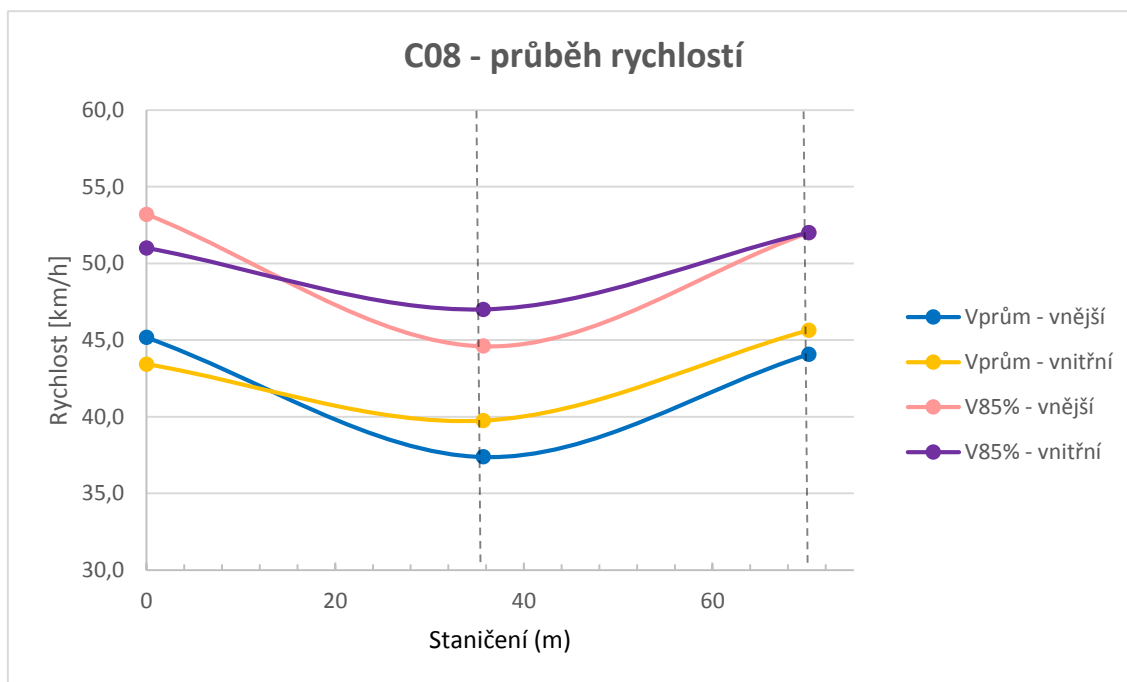
Obr. 27: C08 – Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 73 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 42 a vyneseny v grafu 28.

	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	45,2	37,4	44,1
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	43,4	39,8	45,6
$V_{85\%} - \text{vnější}$	53,2	44,6	52,0
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	51,0	47,0	52,0
$V_{\text{prům}}$	44,1	38,8	45,0
$V_{85\%}$	51,0	47,0	52,0

Tab. 42: C08 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 35,7 m, třetí radar má staniční 70,2 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 56 km/h.

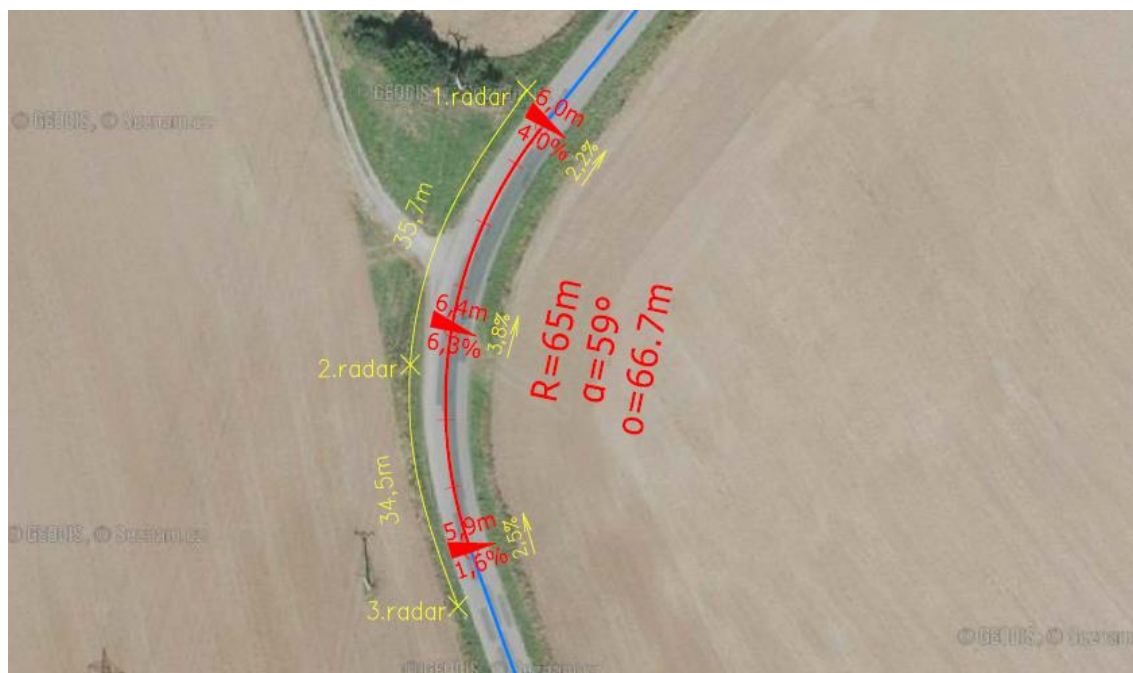


Graf: 28 C08 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost ve vrcholu oblouku je 38,8 km/h. To je zpomalení oproti hodnotám naměřených na prvním radaru o 12,0 %. U 85% rychlosti je zpomalení o 7,8 % na hodnotu 47,0 km/h.

4.3.23 C09 - II/377 – Rohozec, okres Brno – venkov - km 7,6

Oblouk s označením C09 se nachází na 7,6 km silnice II. třídy číslo 377 mezi obcemi Rohozec a Bukovice. Poloměr oblouku je 65 m, směrový úhel 59° , délka oblouku 66,7 m, šířka vozovky 5,9 m, rozšíření 0,5 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 6,3 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku - 3,8 %.



Obr. 28: C09 – Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 78 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 43 a vyneseny v grafu 29.

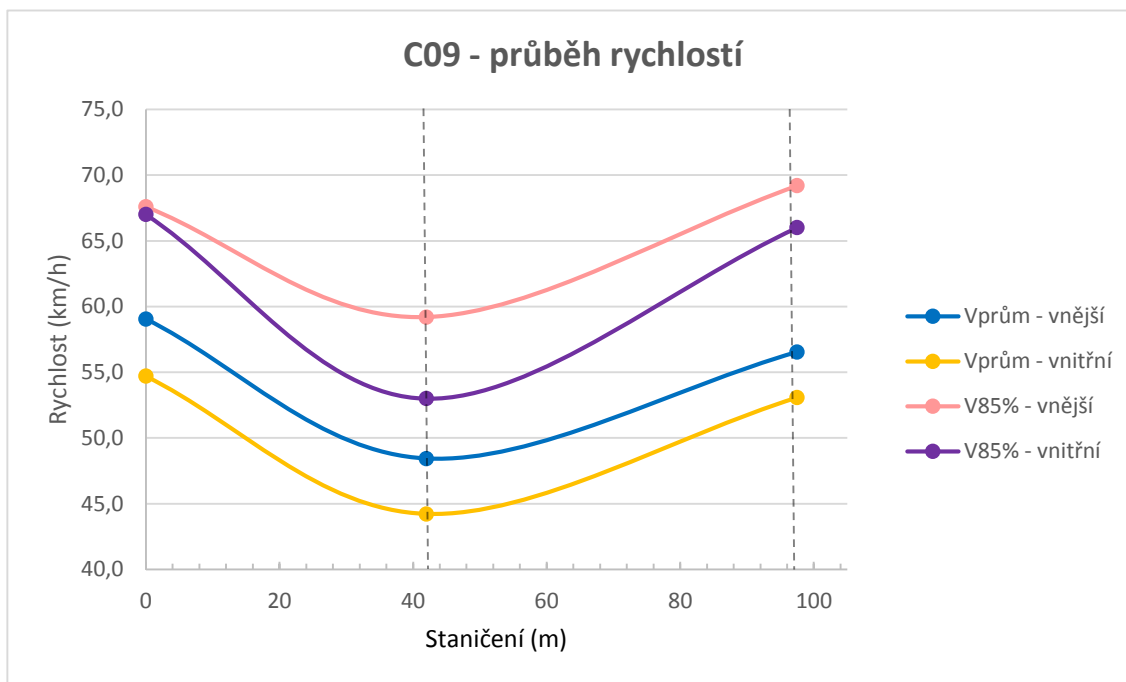
	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	59,1	48,4	56,5
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	54,7	44,2	53,1

$V_{85\%} - \text{vnější}$	67,6	59,2	69,2
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	67,0	53,0	66,0

$V_{\text{prům}}$	56,9	46,2	54,8
$V_{85\%}$	67,0	56,5	67,0

Tab. 43: C09 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 42,0 m, třetí radar má staniční 97,5 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 75 km/h.

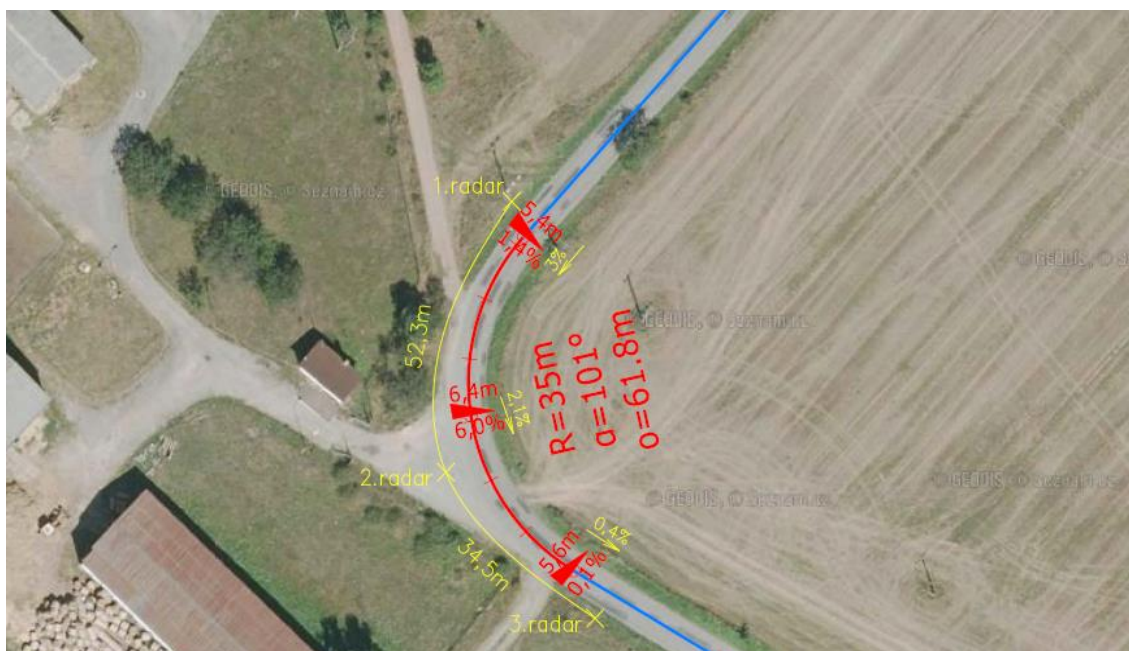


Graf: 29 C09 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost ve vrcholu oblouku je 46,2 km/h. To je zpomalení oproti hodnotám naměřených na prvním radaru o 18,7 %. U 85% rychlosti je zpomalení o 15,7 % na hodnotu 56,5 km/h.

4.3.24 C10 - II/377 – Bukovice, okres Brno – venkov - km 9,7

Oblouk s označením C10 se nachází na 9,7 km silnice II. třídy číslo 377 mezi obcemi Bukovice a Jeneč. Poloměr oblouku je 35 m, směrový úhel 101° , délka oblouku 61,8 m, šířka vozovky 5,4 m, rozšíření 1,0 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 6,0 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku - 2,1 %.



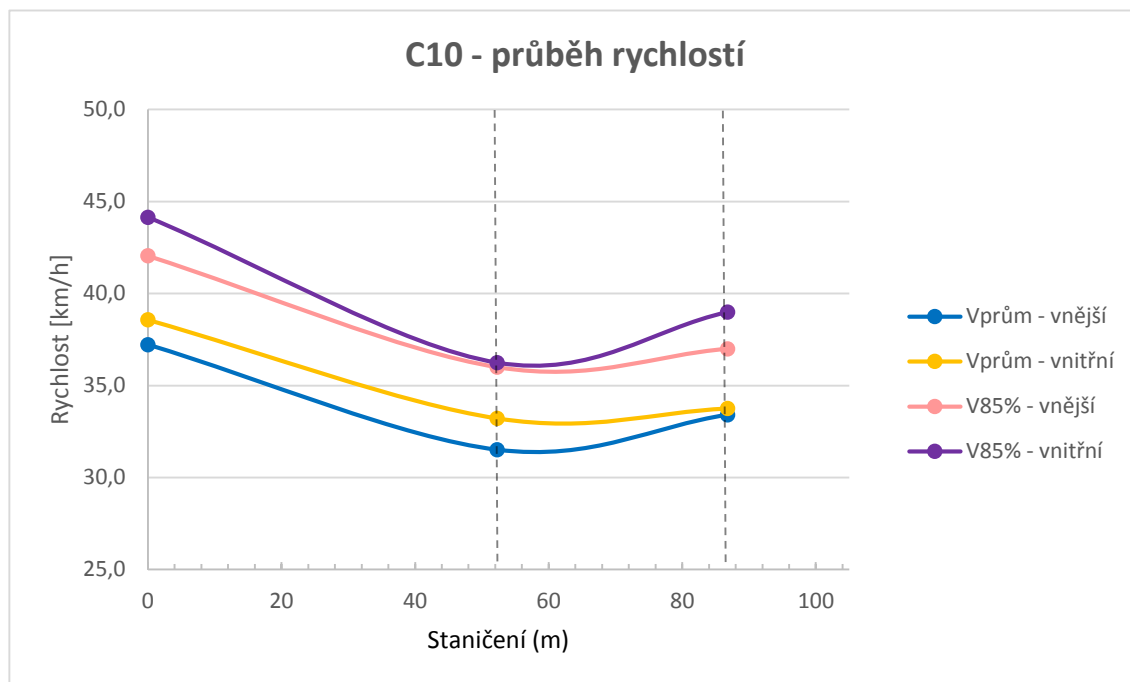
Obr. 30: C10 – Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 107 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 44 a vyneseny v grafu 30.

	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	37,2	31,5	33,4
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	38,6	33,2	33,8
$V_{85\%} - \text{vnější}$	42,1	36,0	37,0
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	44,2	36,3	39,0
$V_{\text{prům}}$	37,8	32,2	33,6
$V_{85\%}$	43,0	36,1	38,4

Tab. 44: C10 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 52,3 m, třetí radar má staniční 86,8 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 58 km/h.

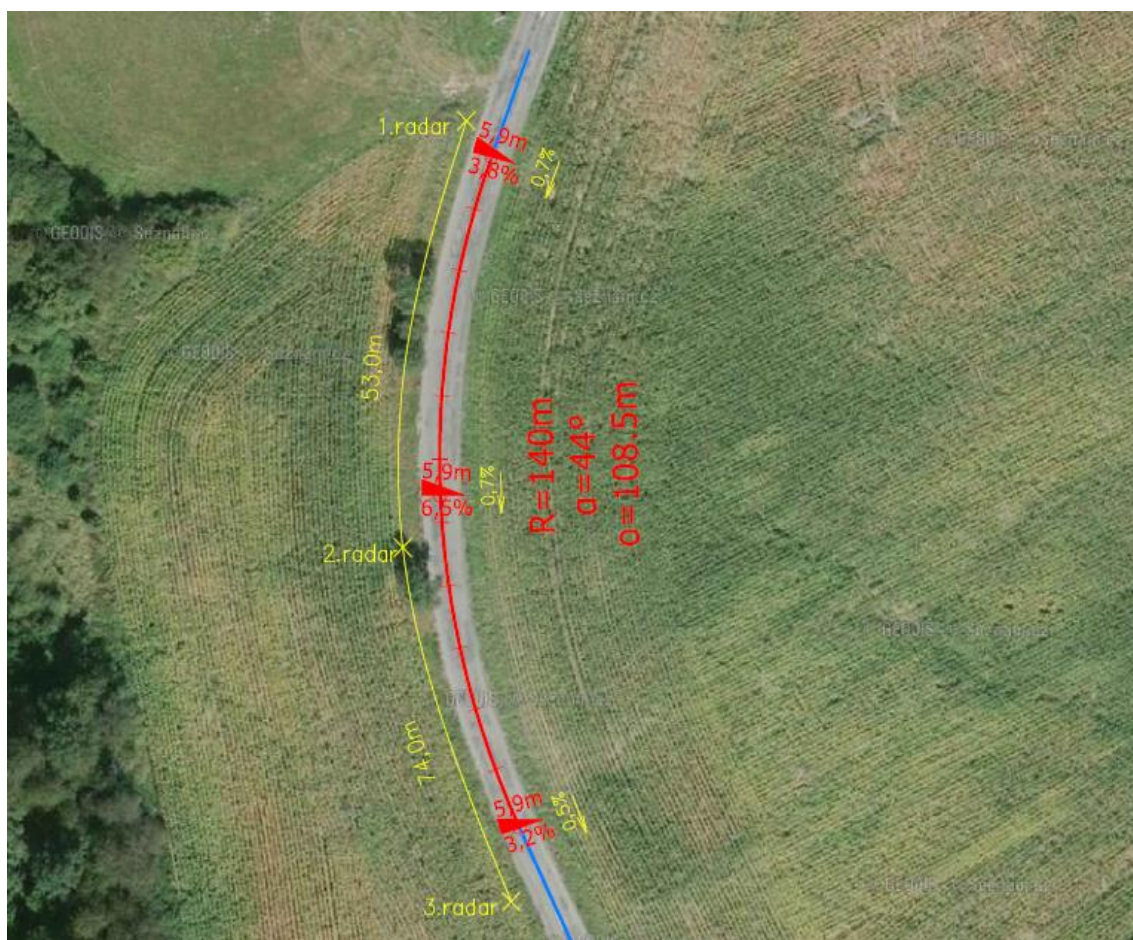


Graf: 30 C10 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost ve vrcholu oblouku je 32,2 km/h. To je zpomalení oproti hodnotám naměřených na prvním radaru o 14,7 %. U 85% rychlosti je zpomalení o 16,0 % na hodnotu 36,1 km/h.

4.3.25 C11 - II/377 – Žernovník, okres Blansko - km 13,9

Oblouk s označením C11 se nachází na 13,9 km silnice II. třídy číslo 377 mezi obcemi Brťov u Černé Hory a Žernovník. Poloměr oblouku je 140 m, směrový úhel 44° , délka oblouku 108,5 m, šířka vozovky 5,9 m, rozšíření 0,0 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 6,5 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku - 0,7 %.



Obr. 31: C11 – Ortofotomapa

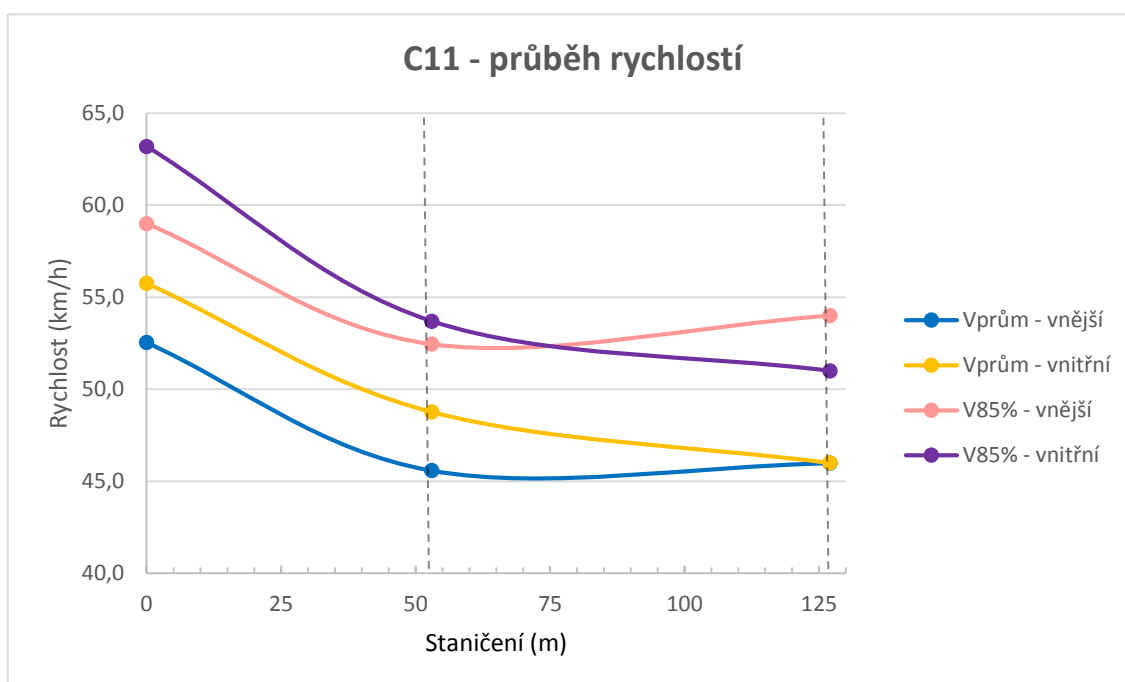
Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 62 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 45 a vyneseny v grafu 31.

	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	52,5	45,6	46,0
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	55,8	48,8	46,0
$V_{85\%} - \text{vnější}$	59,0	52,5	54,0
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	63,2	53,7	51,0

V_{prům}	53,8	46,7	46,0
V_{85%}	60,5	53,7	53,1

Tab. 45: C11 - rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 53,0 m, třetí radar má staniční 127,0 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 62 km/h.

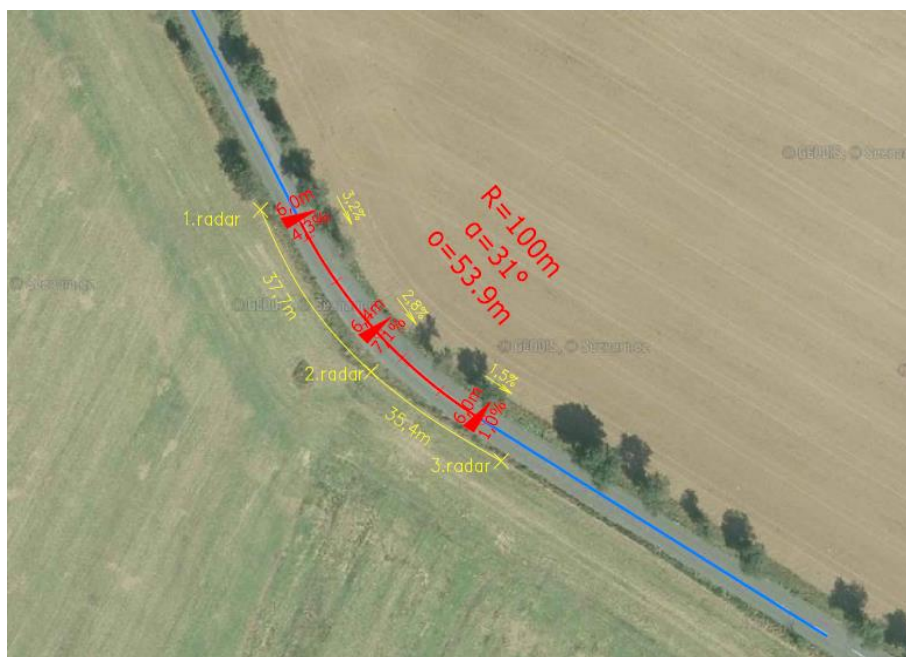


Graf: 31 C11 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost ve vrcholu oblouku je 46,7 km/h. To je zpomalení oproti hodnotám naměřených na prvním radaru o 13,1 %. U 85% rychlosti je zpomalení o 11,2 % na hodnotu 53,7 km/h.

4.3.26 C12 - II/376 – Lysice, okres Blansko - km 9,6

Oblouk s označením C11 se nachází na 9,6 km silnice II. třídy číslo 376 mezi obcemi Lysice a Černá Hora. Poloměr oblouku je 100 m, směrový úhel 31° , délka oblouku 53,9 m, šířka vozovky 6,0 m, rozšíření 0,4 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 7,1 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku - 2,8 %.



Obr. 32: C12 – Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 151 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 46 a vyneseny v grafu 32.

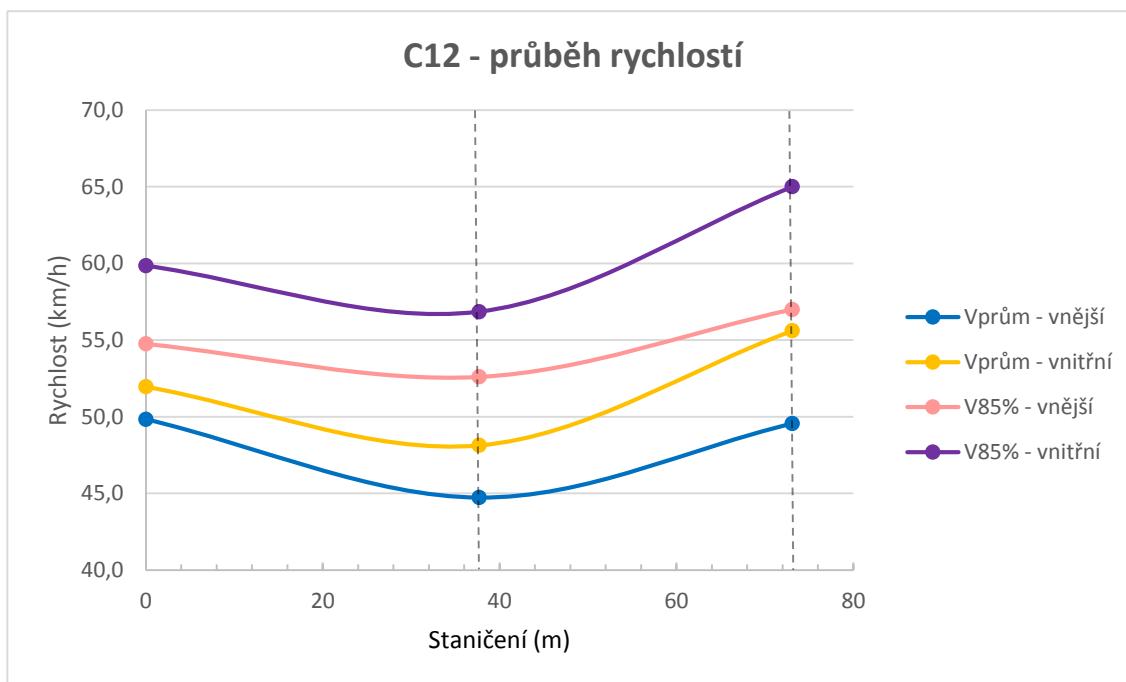
	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	49,8	44,7	49,6
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	52,0	48,1	55,6

$V_{85\%} - \text{vnější}$	54,8	52,6	57,0
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	59,9	56,9	65,0

$V_{\text{prům}}$	51,2	47,0	53,5
$V_{85\%}$	59,0	55,0	63,0

Tab. 46: C12 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 37,7 m, třetí radar má staniční 73,1 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 77 km/h.

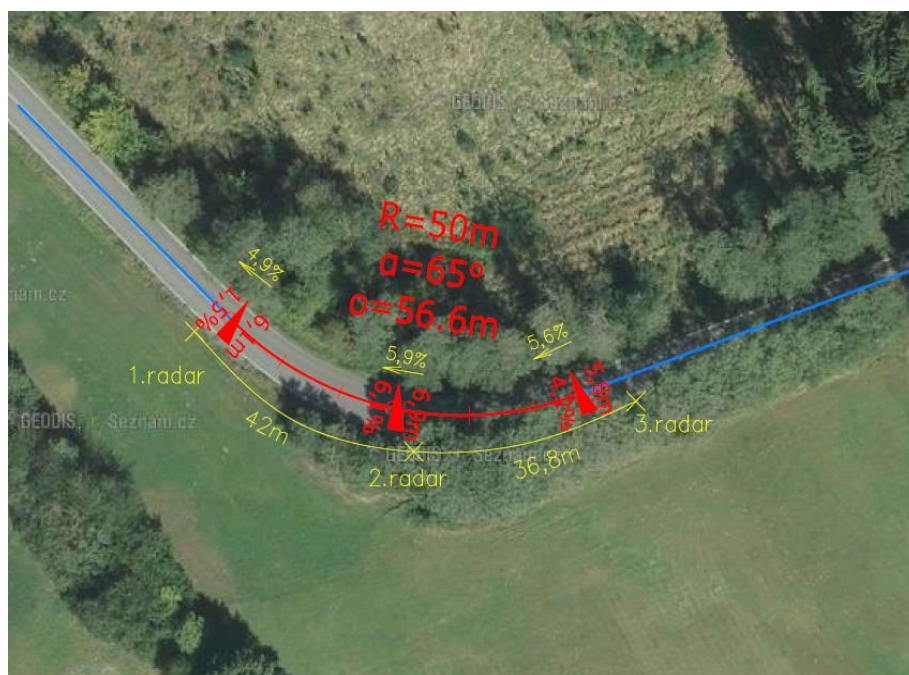


Graf: 32 C12 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost ve vrcholu oblouku je 47,0 km/h. 85% rychlost 55,0 km/h. Můžeme vidět, že navzdory tomu, že vnitřní pruh má menší poloměr a byl ve stoupání 2,8%, hodnoty dosahované ve vnitřním pruhu jsou zhruba o 4 km/h vyšší než ve vnějším. To může být způsobeno například opatrností řidičů způsobené sklonem a úzkou vozovkou.

4.3.27 D01 - II/150 – Ludíkov, okres Blansko - km 102,3

Oblouk s označením D01 se nachází na 102,3 km silnice II. třídy číslo 150 mezi obcemi Ludíkov a Ždárná. Poloměr oblouku je 50 m, směrový úhel 65° , délka oblouku 56,6 m, šířka vozovky 5,8 m, rozšíření 1,1 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 6,1 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku + 5,9 %.



Obr. 33: D01 – Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 158 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 47 a vyneseny v grafu 33.

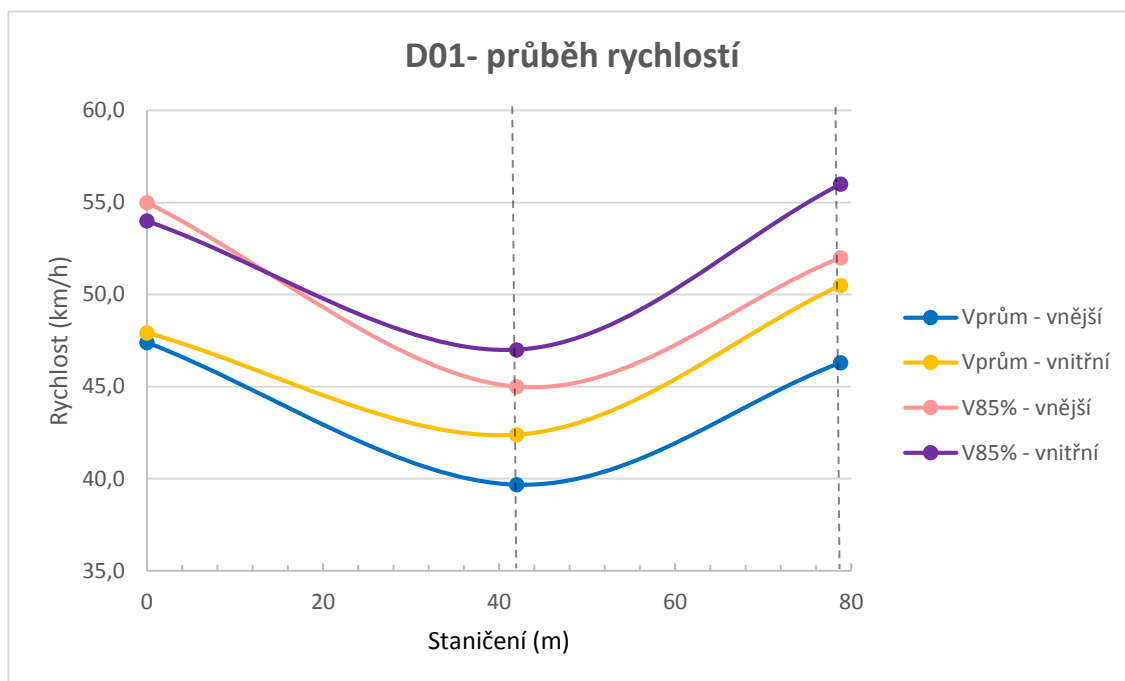
	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	47,4	39,7	46,3
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	47,9	42,4	50,5

$V_{85\%} - \text{vnější}$	55,0	45,0	52,0
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	54,0	47,0	56,0

$V_{\text{prům}}$	47,7	41,0	48,4
$V_{85\%}$	55,0	46,0	54,0

Tab. 47: D01 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 42,0 m, třetí radar má staničení 78,8 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 57 km/h.

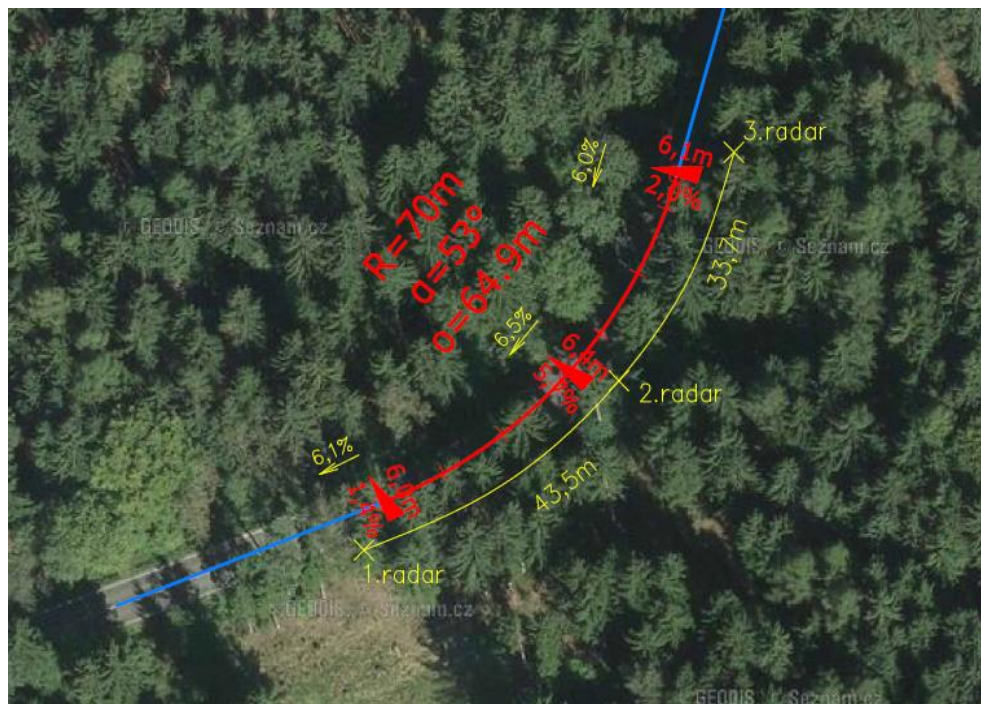


Graf: 33 D01 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost ve vrcholu oblouku je 41,0 km/h. To je zpomalení oproti hodnotám naměřených na prvním radaru o 13,9 %. U 85% rychlosti je zpomalení o 16,4 % na hodnotu 46,0 km/h.

4.3.28 D02 - II/150 – Ludíkov, okres Blansko - km 102,5

Oblouk s označením D02 se nachází na 102,5 km silnice II. třídy číslo 150 mezi obcemi Ludíkov a Ždárná. Poloměr oblouku je 70 m, směrový úhel 53° , délka oblouku 64,9 m, šířka vozovky 6,0 m, rozšíření 0,4 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 5,7 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku + 6,5 %.



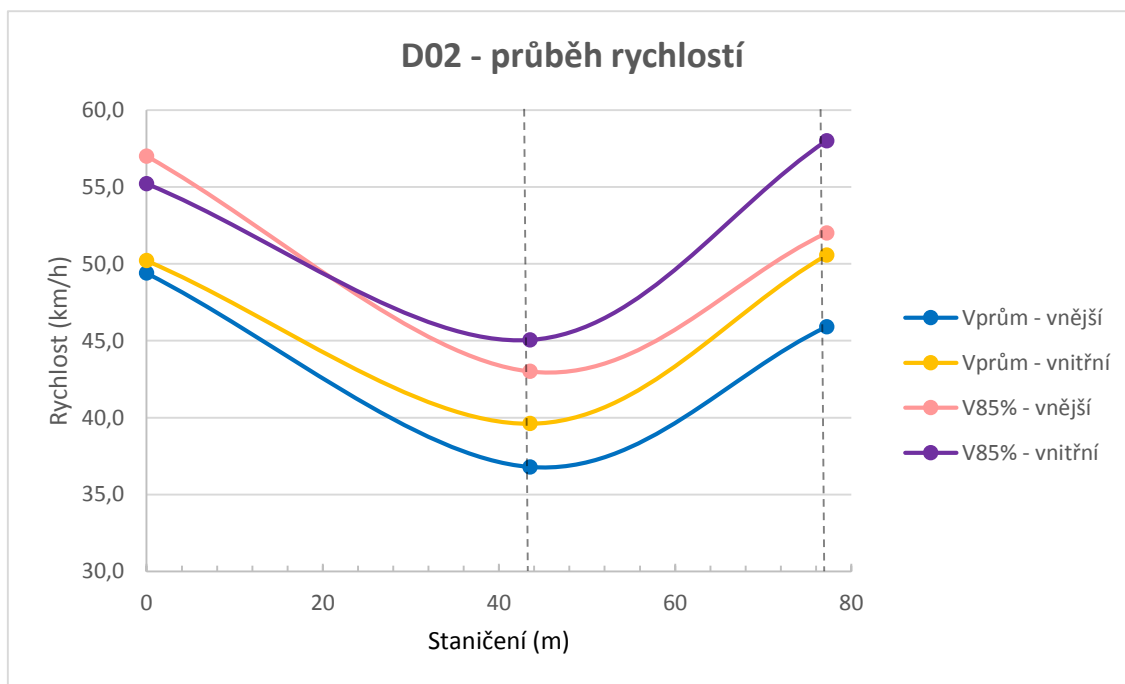
Obr. 34: D02 - Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 135 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 48 a vyneseny v grafu 34.

	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{prům} - vnější$	49,4	36,8	45,9
$V_{prům} - vnitřní$	50,2	39,6	50,6
$V_{85\%} - vnější$	57,0	43,0	52,0
$V_{85\%} - vnitřní$	55,2	45,1	58,0
$V_{prům}$	49,9	38,3	48,4
$V_{85\%}$	56,6	45,0	56,0

Tab. 48: D02 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 43,5 m, třetí radar má staniční 77,2 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 56 km/h.

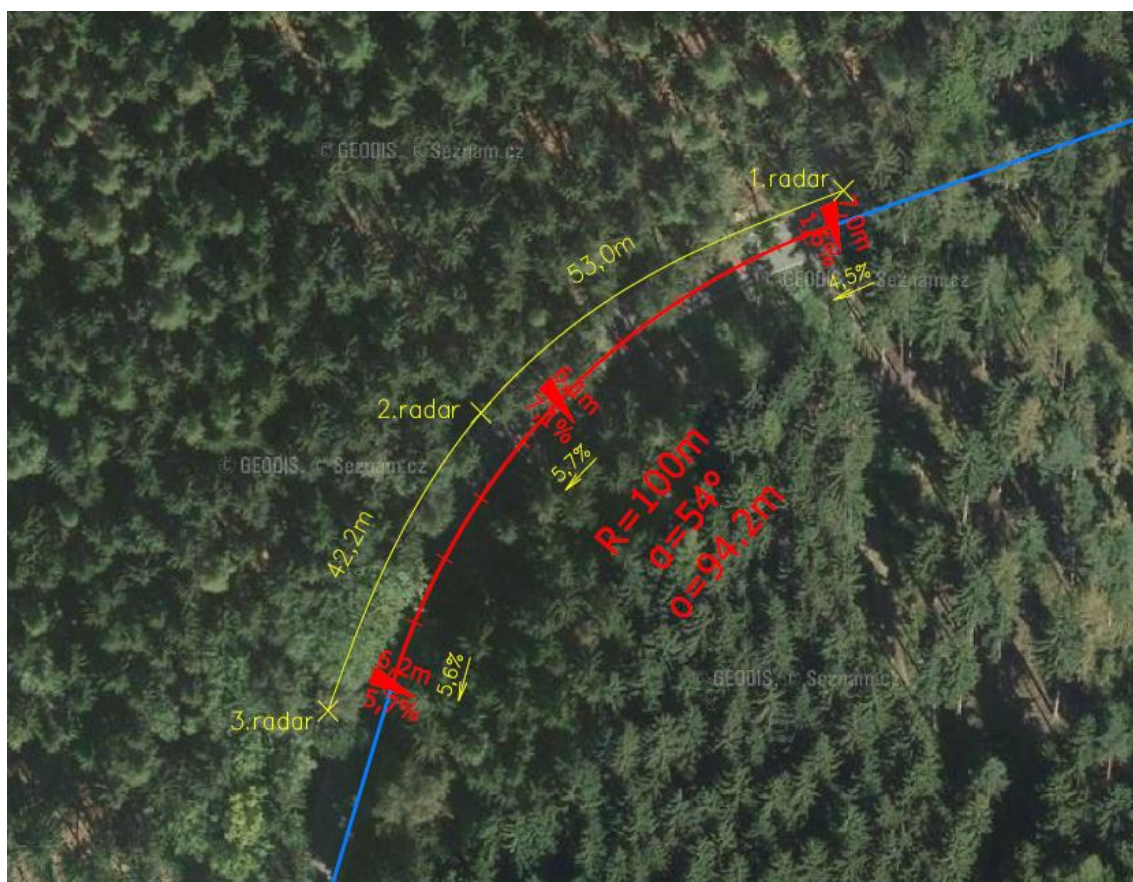


Graf: 34 D02 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost ve vrcholu oblouku je 38,3 km/h. To je zpomalení oproti hodnotám naměřených na prvním radaru o 23,1 %. U 85% rychlosti je zpomalení o 20,4 % na hodnotu 45,0 km/h. Výrazně větší rychlost ve vnitřním pruhu je nejspíše způsobena podélným sklonem.

4.3.29 D03- II/150 – Ludíkov, okres Blansko - km 102,8

Oblouk s označením D03 se nachází na 102,8 km silnice II. třídy číslo 150 mezi obcemi Ludíkov a Ždárná. Poloměr oblouku je 100 m, směrový úhel 54° , délka oblouku 94,2 m, šířka vozovky 6,1 m, rozšíření 0,0 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 7,1 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku - 5,7 %.



Obr. 35: D03 - Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 185 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 49 a vyneseny v grafu 35.

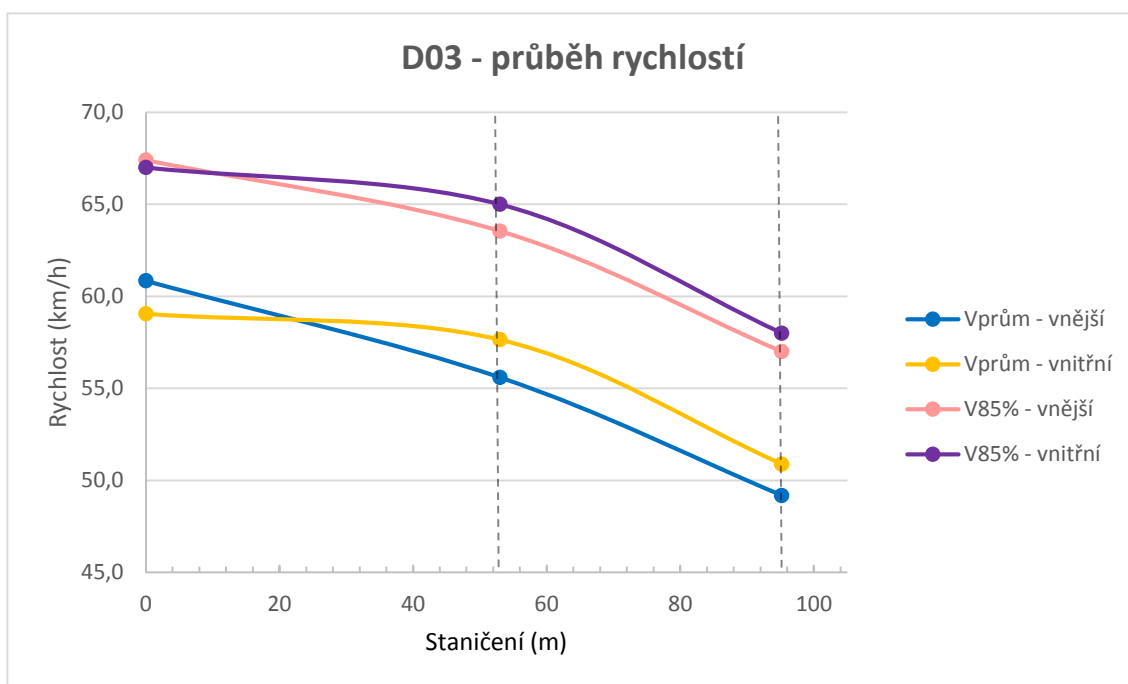
	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	60,8	55,6	49,2
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	59,1	57,6	50,9

$V_{85\%} - \text{vnější}$	67,4	63,6	57,0
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	67,0	65,0	58,0

V_{prům}	60,0	56,6	50,0
V_{85%}	67,2	64,0	58,0

Tab. 49: D03 - rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 53,0 m, třetí radar má staniční 95,2 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 83 km/h.



Graf: 35 D03 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost ve vrcholu oblouku je 56,6 km/h. To je zpomalení oproti hodnotám naměřených na prvním radaru o 5,7 %. U 85% rychlosti je zpomalení o 4,7 % na hodnotu 64,0 km/h. V tomto případě spíše než oblouk má na řidiče vliv výrazný podélný sklon, který dosahuje v určitých místech až 10% a v průběhu oblouku se zmenšuje.

4.3.30 D04 - II/377 – Niva, okres Prostějov - km 43,0

Oblouk s označením D04 se nachází na 43,0 km silnice II. třídy číslo 377 mezi obcemi Niva a Drahany. Poloměr oblouku je 55 m, směrový úhel 63° , délka oblouku 60,7 m, šířka vozovky 5,8 m, rozšíření 0,5 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 8,5 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku + 0,7 %.



Obr. 36: D04 - Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 92 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 50 a vyneseny v grafu 36.

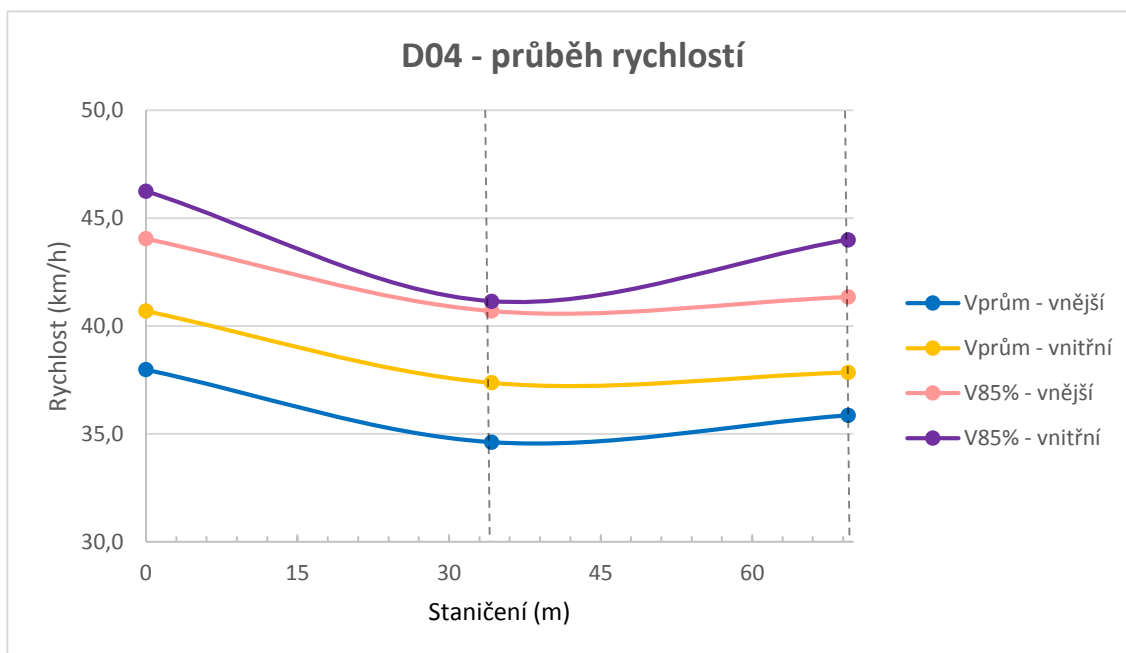
	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	38,0	34,6	35,9
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	40,7	37,4	37,9

$V_{85\%} - \text{vnější}$	44,1	40,7	41,4
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	46,3	41,2	44,0

$V_{\text{prům}}$	39,2	35,8	36,7
$V_{85\%}$	45,0	41,4	43,0

Tab. 50: D04 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 34,2 m, třetí radar má staniční 69,5 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 51 km/h.



Graf: 36 D04 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost ve vrcholu oblouku je 35,8 km/h. To je zpomalení oproti hodnotám naměřených na prvním radaru o 8,7 %. U 85% rychlosti je zpomalení o 8,1 % na hodnotu 41,4 km/h. V tomto případě je pokles rychlostí tak malý z důvodu krátkých přímých úseků před i za obloukem. Tudiž se vozidla nestihla rozjet, ale i tak do oblouku zpomalila, tudiž můžeme brát hodnoty z radaru č. 2 jako spolehlivé.

4.3.31 D05 - II/377 – Drahany, okres Prostějov - km 47,1

Oblouk s označením D05 se nachází na 47,1 km silnice II. třídy číslo 150 mezi obcemi Drahany a Žárovice. Poloměr oblouku je 130 m, směrový úhel 27° , délka oblouku 60,8 m, šířka vozovky 6,1 m, rozšíření 0,0 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 6,1 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku - 2,5 %.



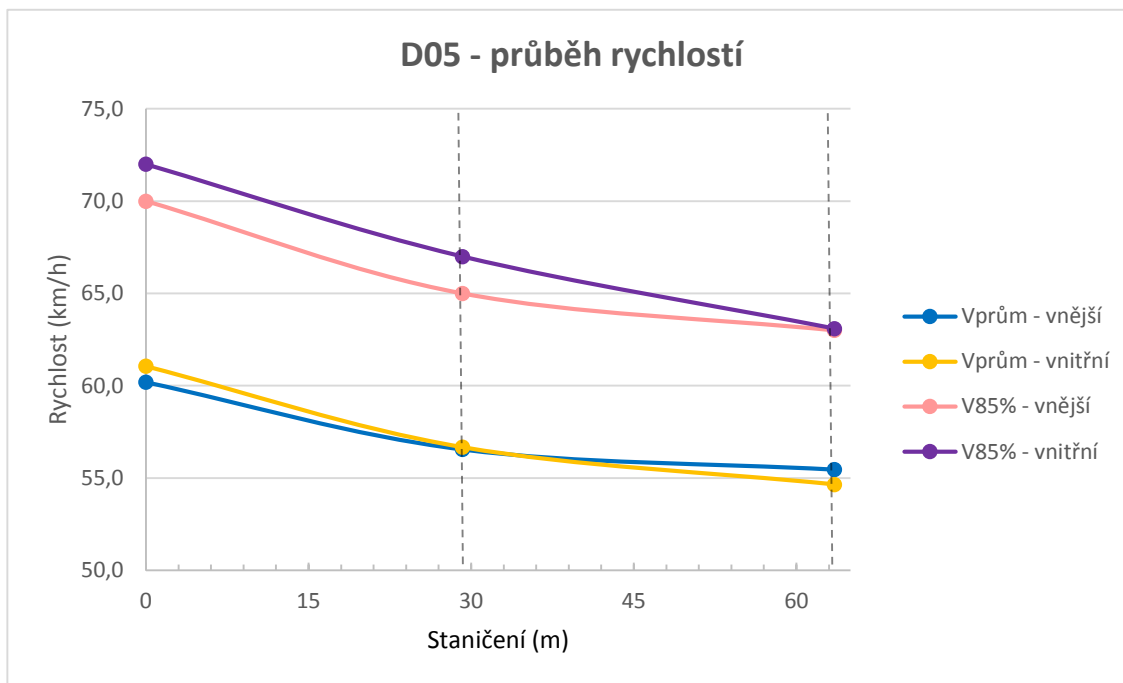
Obr. 37: D05 - Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 116 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 51 a vyneseny v grafu 37.

	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	60,2	56,5	55,5
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	61,1	56,7	54,6
$V_{85\%} - \text{vnější}$	70,0	65,0	63,0
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	72,0	67,0	63,1
$V_{\text{prům}}$	60,6	56,6	55,1
$V_{85\%}$	71,8	66,0	63,0

Tab. 51: D05 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 29,2 m, třetí radar má staniční 63,5 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 86 km/h.

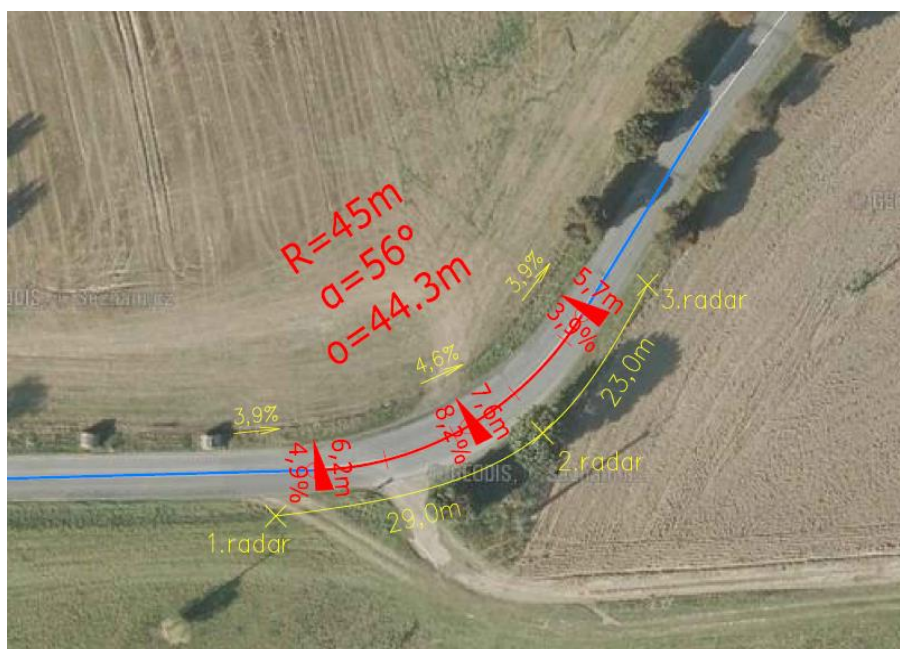


Graf: 37 D05 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost ve vrcholu oblouku je 56,6 km/h. 85% rychlost je 66,0 km/h. Z grafu je vidět, že rychlost naměřená na radaru č. 3 je menší než na radaru č. 2. Je pravděpodobné, s ohledem na navazující směrové řešení (přímé úseky), že radar č. 3 byl blíže vrcholu oblouku.

4.3.32 D06 - II/150 – Malé Hradisko, okres Prostějov - km 113,0

Oblouk s označením D06 se nachází na 113,0 km silnice II. třídy číslo 150 mezi obcemi Protivanov a Malé Hradisko. Poloměr oblouku je 45 m, směrový úhel 56° , délka oblouku 44,3 m, šířka vozovky 5,7 m, rozšíření 1,9 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 8,2 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku - 4,6 %.



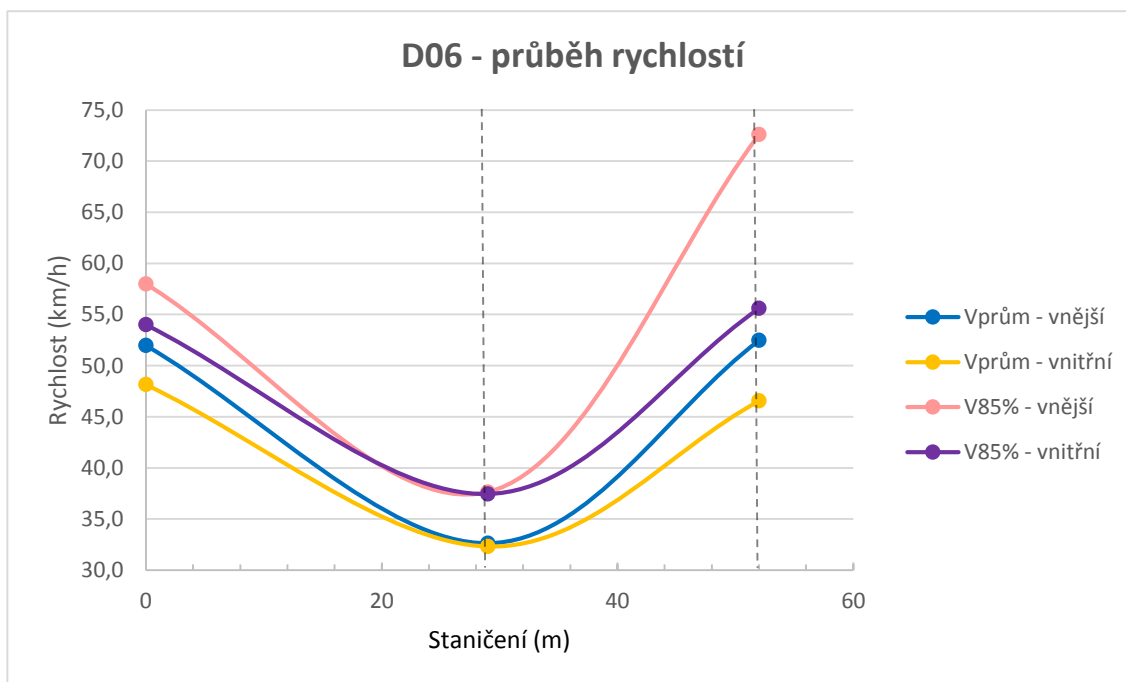
Obr. 38: D06 - Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 108 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 52 a vyneseny v grafu 38.

	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	52,0	32,6	52,5
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	48,2	32,3	46,5
$V_{85\%} - \text{vnější}$	58,0	37,7	72,6
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	54,0	37,5	55,6
$V_{\text{prům}}$	50,0	32,5	49,4
$V_{85\%}$	56,1	38,0	61,0

Tab. 52: D06 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 29,0 m, třetí radar má staniční 52,0 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 44 km/h.

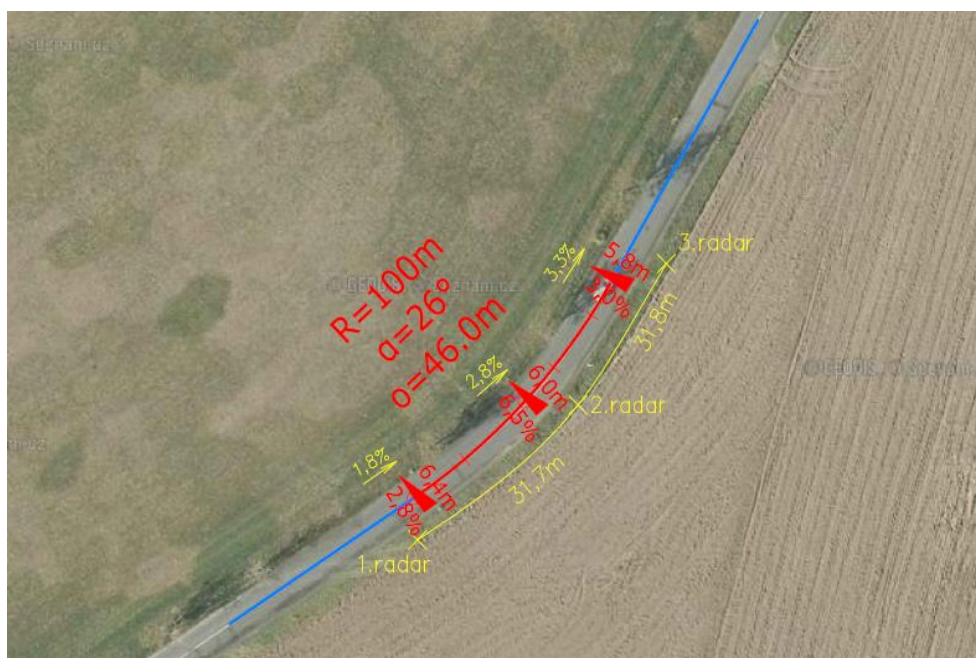


Graf: 38 D06 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost ve vrcholu oblouku je 32,5 km/h. To je zpomalení oproti hodnotám naměřených na prvním radaru o 35,0 %. U 85% rychlosti je zpomalení o 32,1 % na hodnotu 38,0 km/h. V grafu je vidět, že rozdíl mezi hodnotami $V_{85\%}$ v radaru č. 3 je 17 km/h, přičemž ale u $V_{prům}$ je rozdíl jen 6 km/h.

4.3.33 D07 - II/150 – Malé Hradisko, okres Prostějov - km 113,5

Oblouk s označením D07 se nachází na 113,5 km silnice II. třídy číslo 150 mezi obcemi Protivanov a Malé Hradisko. Poloměr oblouku je 100 m, směrový úhel 26° , délka oblouku 46,0 m, šířka vozovky 5,8 m, rozšíření 0,2 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 6,5 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku - 2,8 %.



Obr. 39: D07 - Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 83 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 53 a vyneseny v grafu 39.

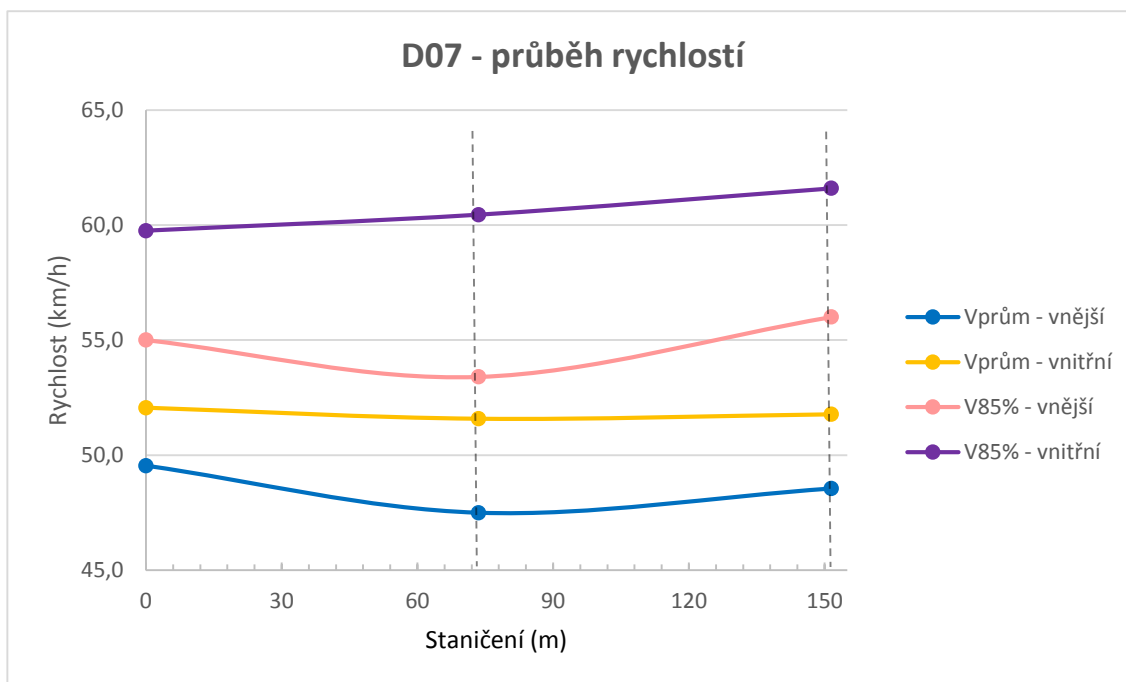
	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	49,5	47,5	48,5
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	52,1	51,6	51,8

$V_{85\%} - \text{vnější}$	55,0	53,4	56,0
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	59,8	60,5	61,6

$V_{\text{prům}}$	50,6	49,4	50,1
$V_{85\%}$	58,6	57,7	57,7

Tab. 53: D07 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 73,5 m, třetí radar má staniční 151,5 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 67 km/h.

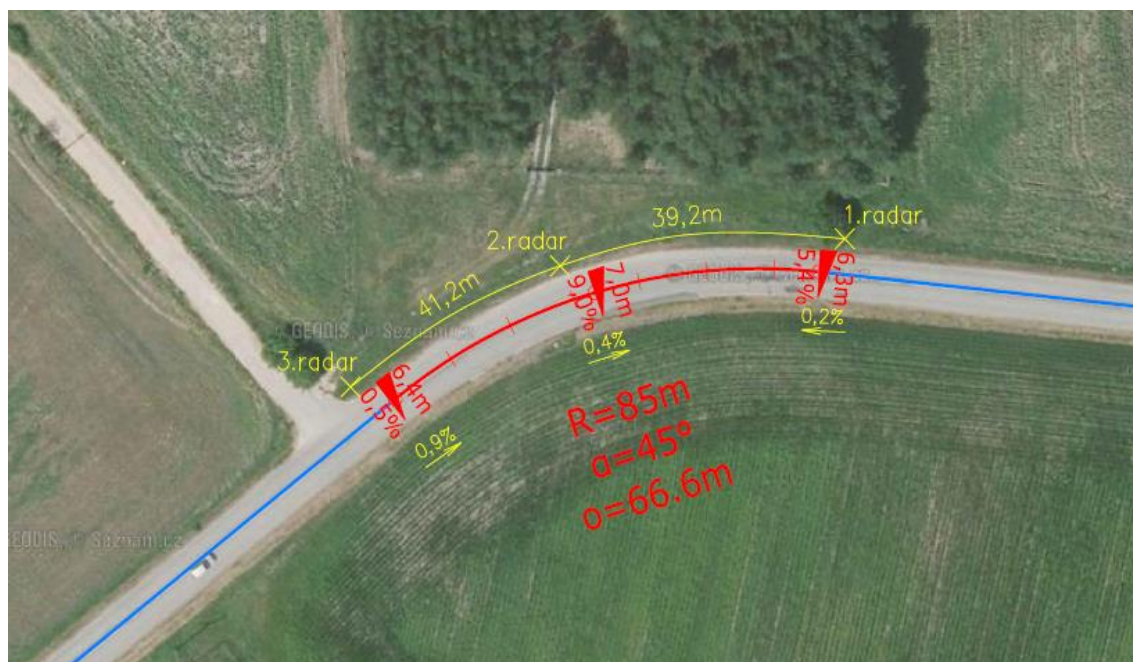


Graf: 39 D07 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost ve vrcholu oblouku je 49,4 km/h. 85% rychlost je 57,7 km/h. V tomto oblouku výrazně převládá rychlost na vnitřním pruhu.

4.3.34 A10 - II/381 – Vranovice, okres Brno - venkov - km 10,6

Oblouk s označením A10 se nachází na 10,6 km silnice II. třídy číslo 381 mezi obcemi Vranovice a Velké Němčice. Poloměr oblouku je 85 m, směrový úhel 45° , délka oblouku 66,6 m, šířka vozovky 6,3 m, rozšíření 0,7 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 9,0 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku + 0,4 %.



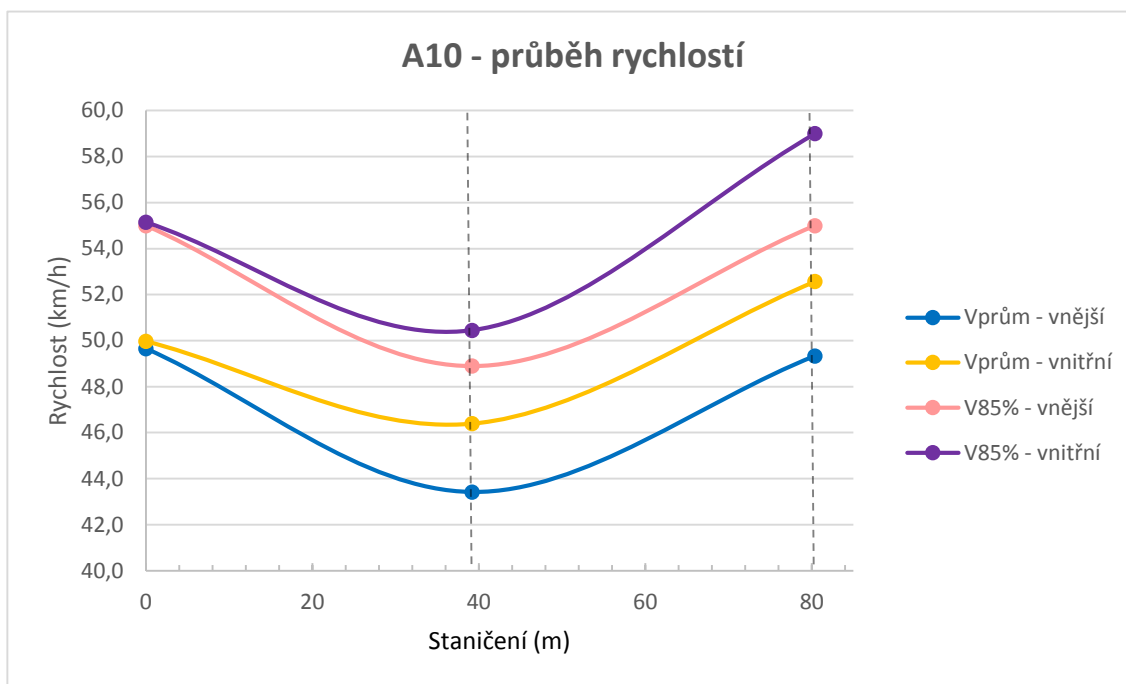
Obr. 40: A10 - Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 93 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 54 a vyneseny v grafu 40.

	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	49,7	43,4	49,3
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	50,0	46,4	52,6
$V_{85\%} - \text{vnější}$	55,0	48,9	55,0
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	55,2	50,5	59,0
$V_{\text{prům}}$	49,8	44,6	50,7
$V_{85\%}$	55,0	49,0	57,0

Tab. 54: A10 – rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 39,2 m, třetí radar má staniční 80,4 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 59 km/h.

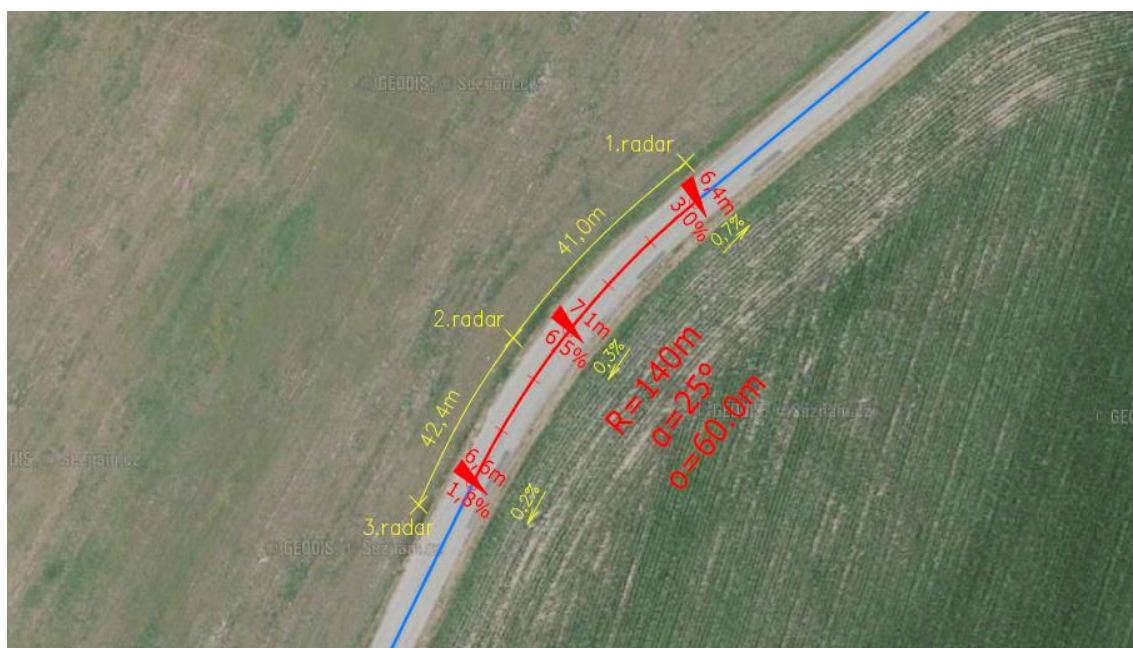


Graf: 40 A10 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost ve vrcholu oblouku je 44,6 km/h. To je zpomalení oproti hodnotám naměřených na prvním radaru o 10,4 %. U 85% rychlosti je zpomalení o 10,9 % na hodnotu 49,0 km/h.

4.3.35 A11 - II/381 – Vranovice, okres Brno - venkov - km 10,3

Oblouk s označením A11 se nachází na 10,3 km silnice II. třídy číslo 381 mezi obcemi Vranovice a Velké Němčice. Poloměr oblouku je 140 m, směrový úhel 25° , délka oblouku 60,0 m, šířka vozovky 6,4 m, rozšíření 0,7 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 6,5 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku - 0,3 %.



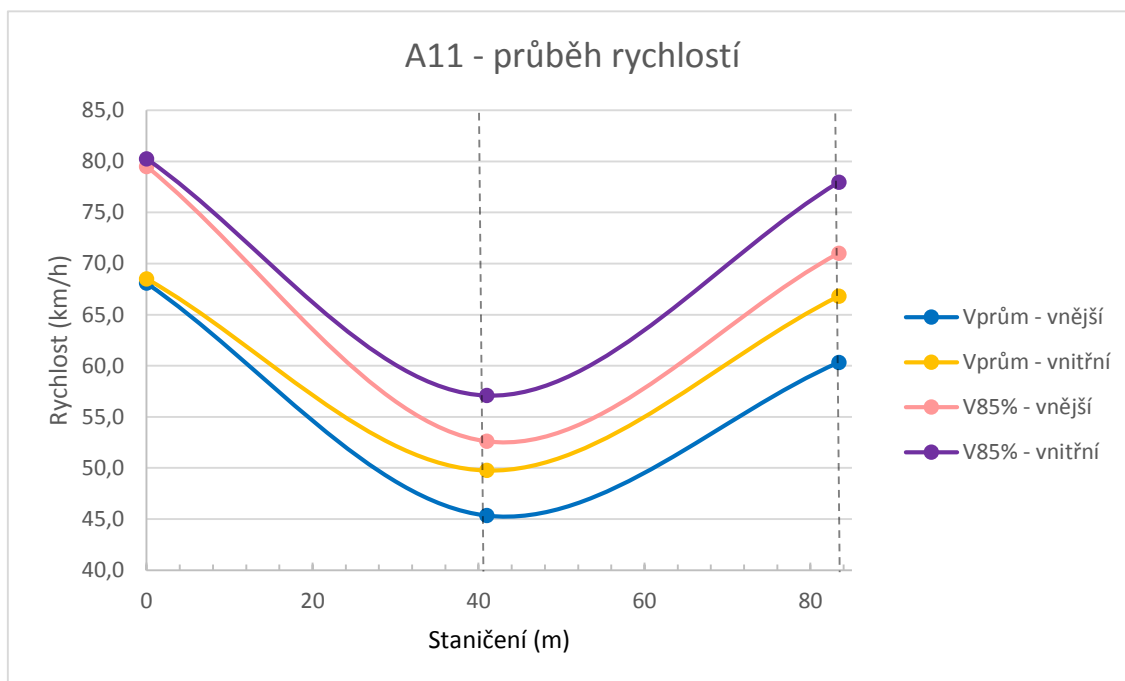
Obr. 41: A11 - Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 131 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 55 a vyneseny v grafu 31.

	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	68,1	45,3	60,3
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	68,5	49,8	66,8
$V_{85\%} - \text{vnější}$	79,5	52,6	71,0
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	80,3	57,1	78,0
$V_{\text{prům}}$	68,2	47,2	62,8
$V_{85\%}$	80,0	56,0	74,0

Tab. 55: A11 - rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 41,0 m, třetí radar má staniční 83,4 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 72 km/h.

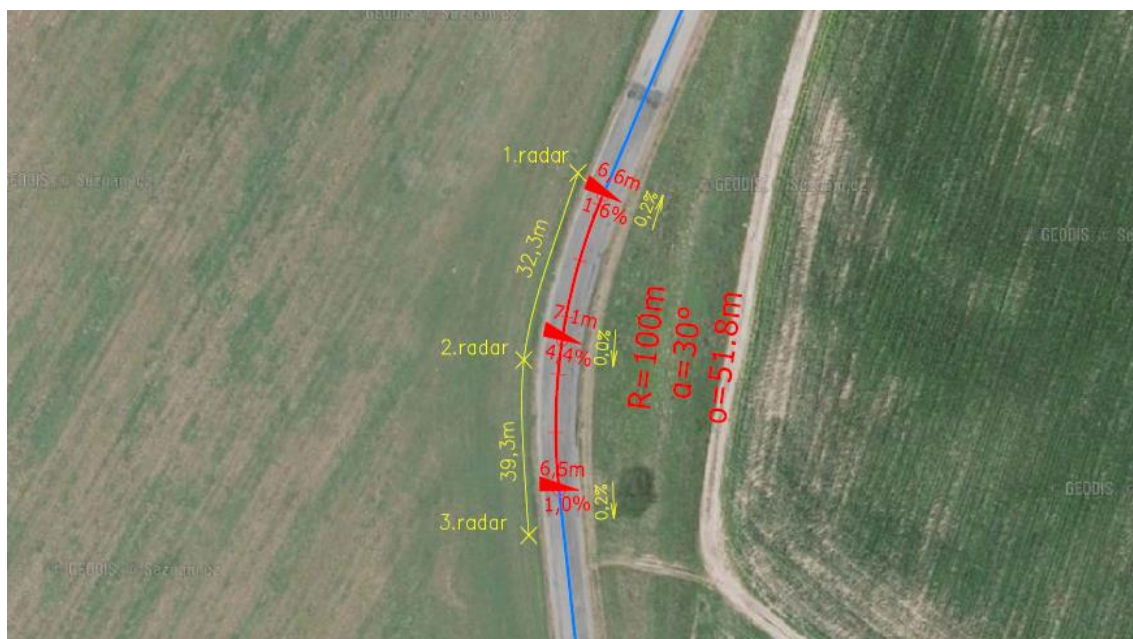


Graf: 41 A11 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost ve vrcholu oblouku je 47,2 km/h. To je zpomalení oproti hodnotám naměřených na prvním radaru o 30,9 %. U 85% rychlosti je zpomalení o 30,0 % na hodnotu 56,0 km/h.

4.3.36 A12 - II/381 – Vranovice, okres Brno - venkov - km 9,9

Oblouk s označením A12 se nachází na 9,9 km silnice II. třídy číslo 381 mezi obcemi Vranovice a Velké Němčice. Poloměr oblouku je 100 m, směrový úhel 30° , délka oblouku 51,8 m, šířka vozovky 6,5 m, rozšíření 0,6 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 4,4 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku + 0,0 %.



Obr. 42: A12 - Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 107 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 56 a vyneseny v grafu 42.

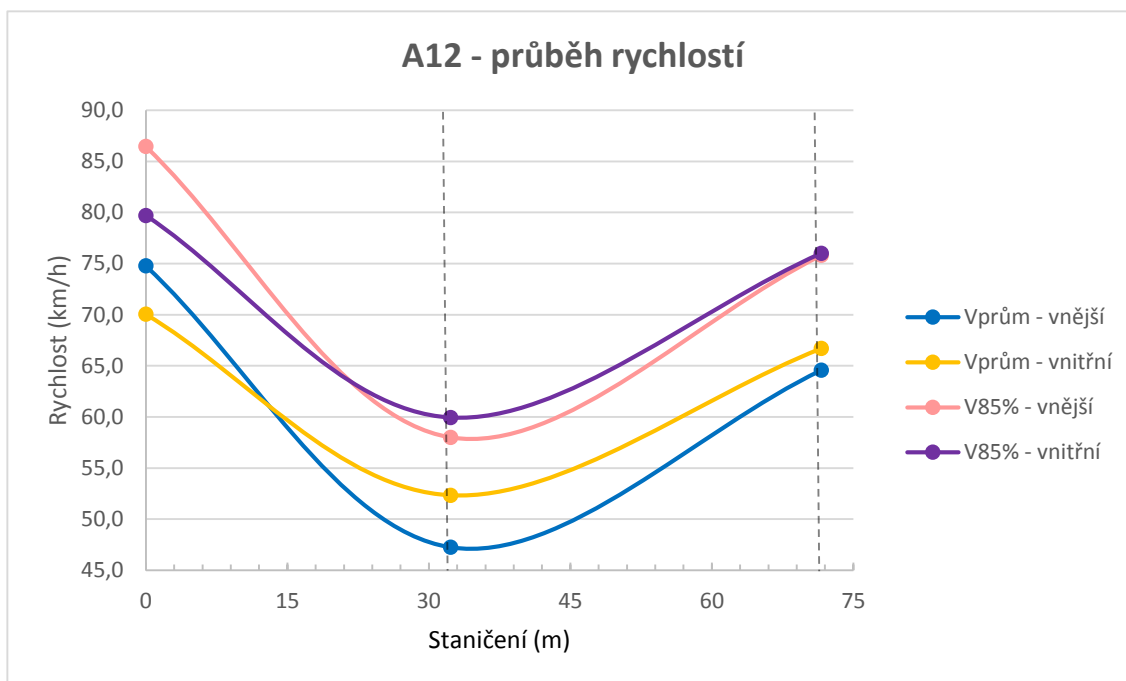
	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	74,8	47,3	64,6
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	70,0	52,3	66,7

$V_{85\%} - \text{vnější}$	86,5	58,0	75,8
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	79,7	60,0	76,0

$V_{\text{prům}}$	72,8	49,5	65,5
$V_{85\%}$	86,0	59,0	76,0

Tab. 56: A12 - rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 32,3 m, třetí radar má staniční 71,6 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 81 km/h.

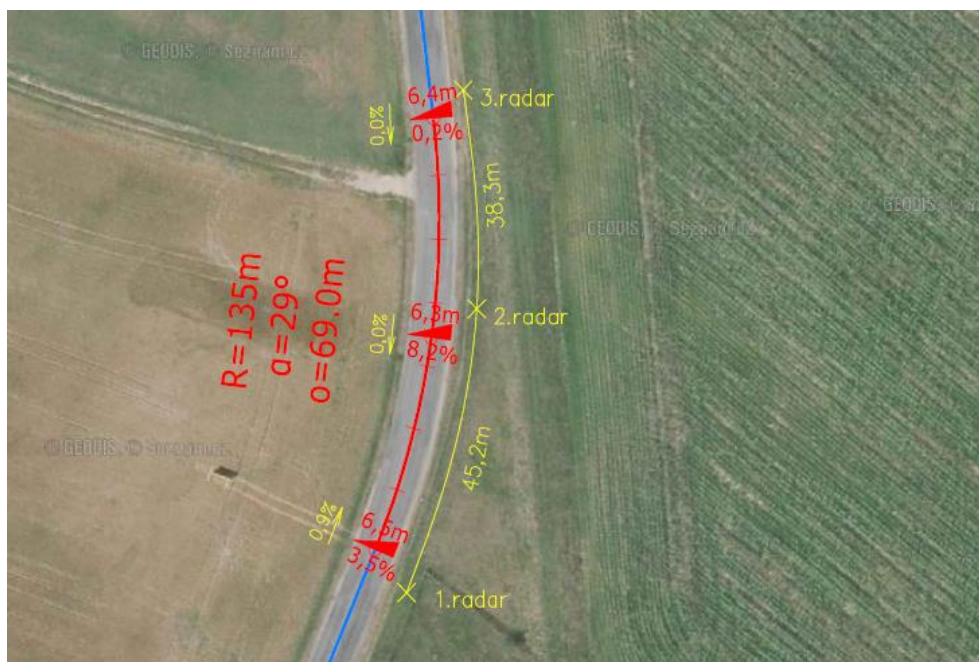


Graf: 42 A12 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost ve vrcholu oblouku je 49,5 km/h. To je zpomalení oproti hodnotám naměřených na prvním radaru o 31,9 %. U 85% rychlosti je zpomalení o 31,4 % na hodnotu 59,0 km/h.

4.3.37 A13 - II/381 – Vranovice, okres Brno - venkov - km 9,8

Oblouk s označením A13 se nachází na 9,8 km silnice II. třídy číslo 381 mezi obcemi Vranovice a Velké Němčice. Poloměr oblouku je 135 m, směrový úhel 29° , délka oblouku 69,0 m, šířka vozovky 6,5 m, rozšíření 0,0 m, příčný sklon ve vrcholu oblouku 8,2 % a podélný sklon ve vrcholu oblouku + 0,0 %.



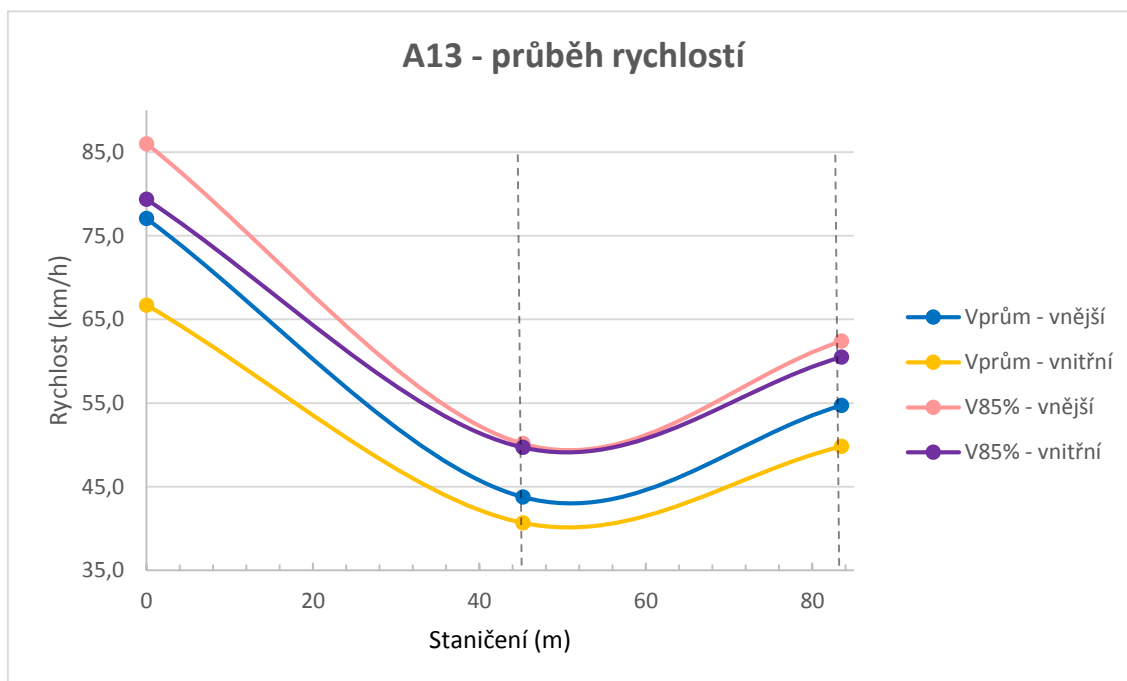
Obr. 43: A13 - Ortofotomapa

Po filtraci ovlivněných vozidel bylo započítáno 92 vozidel v oblouku. Rychlosti těchto vozidel byly zpracovány a výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce 57 a vyneseny v grafu 43.

	1. radar	2. radar	3. radar
$V_{\text{prům}} - \text{vnější}$	77,0	43,8	54,7
$V_{\text{prům}} - \text{vnitřní}$	66,7	40,7	49,8
$V_{85\%} - \text{vnější}$	86,0	50,2	62,4
$V_{85\%} - \text{vnitřní}$	79,4	49,7	60,5
$V_{\text{prům}}$	71,3	42,0	52,0
$V_{85\%}$	84,2	50,4	61,2

Tab. 57: A13 - rychlosti

První radar udává počátek staničení, druhý radar je ve vzdálenosti 45,2 m, třetí radar má staniční 83,5 m. První ani třetí radar se nemusí shodovat se začátkem a koncem oblouku. Druhý radar byl umístěn do místa, kde vozidla dosahovala zdánlivě nejnižších rychlostí. Maximální rychlost vozidla projíždějícího obloukem byla 55 km/h.



Graf: 43 A13 – průběh rychlostí

Průměrná rychlost ve vrcholu oblouku je 42,0 km/h. To je zpomalení oproti hodnotám naměřených na prvním radaru o 41,0 %. U 85% rychlosti je zpomalení o 40,2 % na hodnotu 50,4 km/h.

V tabulce jsou zaznamenány rychlosti (průměrná a 85%) na všech radarech, které byli během práce změřeny.

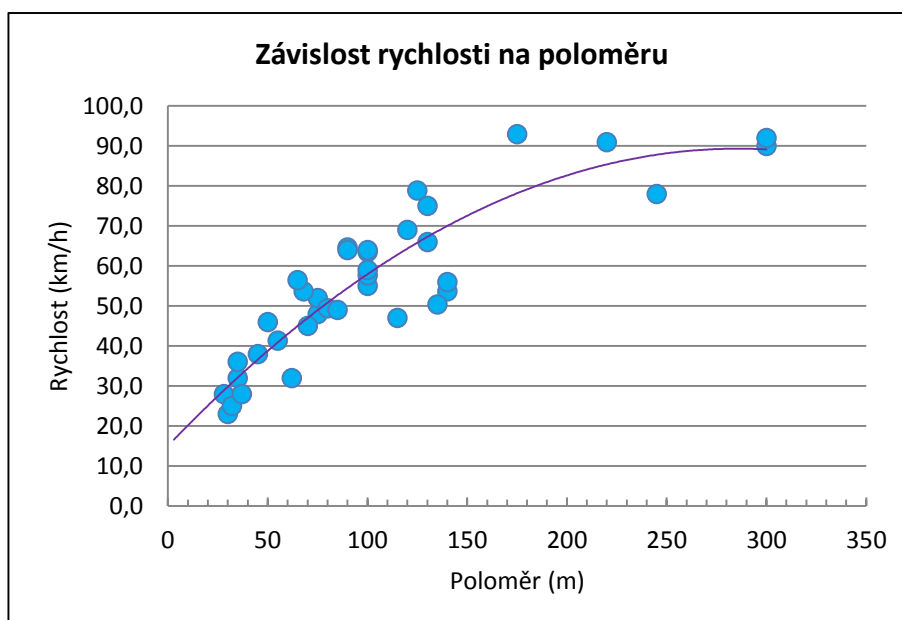
ozn.	R	α (°)	α (β)					ozn.	R	α	α (β)				
A01	300	11	12,2	V _{prům}	84,9	77,3	81,3	C06	120	42	46,7	V _{prům}	60,9	56,7	58,7
				V85%	97,8	90,0	94,0					V85%	74,0	69,0	70,0
A02	90	39	43,3	V _{prům}	54,8	56,2	62,7	C07	37	78	86,7	V _{prům}	38,1	24,6	38,5
				V85%	63,0	64,7	71,4					V85%	43,0	28,0	43,0
A03	62	86	95,6	V _{prům}	60,4	28,8	51,9	C08	115	40	44,4	V _{prům}	44,1	38,8	45,0
				V85%	67,0	32,0	58,0					V85%	51,0	47,0	52,0
A04	28	91	101,1	V _{prům}	38,9	24,3	45,5	C09	65	59	65,6	V _{prům}	56,9	46,2	54,8
				V85%	44,0	28,0	51,0					V85%	67,0	56,5	67,0
A01	300	11	12,2	V _{prům}	82,5	80,1	83,3	C10	35	101	112,2	V _{prům}	37,8	32,2	33,6
				V85%	95,0	92,0	96,7					V85%	43,0	36,1	38,4
A02	90	39	43,3	V _{prům}	60,8	56,8	65,1	C11	140	44	48,9	V _{prům}	53,8	46,7	46,0
				V85%	68,9	64,0	74,0					V85%	60,5	53,7	53,1
A05	220	16	17,8	V _{prům}	76,5	77,5	81,2	C12	100	31	34,4	V _{prům}	51,2	47,0	53,5
				V85%	91,2	91,0	96,0					V85%	59,0	55,0	63,0
A06	245	28	31,1	V _{prům}	70,3	66,0	60,9	D01	50	65	72,2	V _{prům}	47,7	41,0	48,4
				V85%	84,0	78,0	72,3					V85%	55,0	46,0	54,0
A07	30	78	86,7	V _{prům}	36,0	19,7	44,0	D02	70	53	58,9	V _{prům}	49,9	38,3	48,4
				V85%	40,0	23,0	53,0					V85%	56,6	45,0	56,0
A08	175	22	24,4	V _{prům}	75,8	79,5	81,9	D03	100	54	60,0	V _{prům}	60,0	56,6	50,0
				V85%	89,0	93,0	94,8					V85%	67,2	64,0	58,0
A09	130	37	41,1	V _{prům}	68,1	65,7	78,2	D04	55	63	70,0	V _{prům}	39,2	35,8	36,7
				V85%	77,0	75,0	90,0					V85%	45,0	41,4	43,0
B01	75	44	48,9	V _{prům}	58,5	41,7	50,6	D05	130	27	30,0	V _{prům}	60,6	56,6	55,1
				V85%	66,0	48,0	57,0					V85%	71,8	66,0	63,0
B02	75	35	38,9	V _{prům}	53,5	43,3	52,6	D06	45	56	62,2	V _{prům}	50,0	32,5	49,4
				V85%	62,0	52,0	62,0					V85%	56,1	38,0	61,0
B03	35	95	105,6	V _{prům}	47,4	28,0	36,1	D07	100	26	28,9	V _{prům}	50,6	49,4	50,1
				V85%	53,0	32,0	41,0					V85%	58,6	57,7	57,7
C01	32	84	93,3	V _{prům}	39,9	22,0	36,5	A10	85	45	50,0	V _{prům}	49,8	44,6	50,7
				V85%	45,0	25,0	43,0					V85%	55,0	49,0	57,0
C02	125	26	28,9	V _{prům}	74,3	66,9	73,5	A11	140	25	27,8	V _{prům}	68,2	47,2	62,8
				V85%	86,0	78,9	86,0					V85%	80,0	56,0	74,0
C03	100	31	34,4	V _{prům}	62,6	55,1	57,9	A12	100	30	33,3	V _{prům}	72,8	49,5	65,5
				V85%	72,0	63,5	69,0					V85%	86,0	59,0	76,0
C04	68	128	142,2	V _{prům}	44,4	45,4	44,0	A13	135	29	32,2	V _{prům}	71,3	42,0	52,0
				V85%	54,0	53,7	51,0					V85%	84,2	50,4	61,2
C05	80	38	42,2	V _{prům}	50,1	43,3	53,6								
				V85%	58,8	49,4	61,7								

Tab. 58: Přehled naměřených oblouků

5.1 Závislost rychlosti na poloměru

Nejdůležitějším parametrem, který řidiče ovlivňuje a donutí ho ke zpomalení, je poloměr směrového oblouku. Během práce bylo změřeno 35 různých oblouků, především menších poloměrů, hodnoty poloměrů se pohybovali mezi 30 m – 300 m. Ze studie oblouků také můžeme prohlásit, že velmi záleží na směrovém úhlu. Ten působí psychologicky na řidiče zhruba stejně, jako poloměr. Pokud je směrový úhel velmi malý (zhruba do 25°), řidič ho ani nevnímá jako rušivý element a výrazně nezpomalí. Z měření můžeme pozorovat, že například u oblouku A01, kde je směrový úhel 11° , prakticky nedošlo k zpomalení vozidel. Ten samý jev je viditelný u oblouků A06 (16°), A08 (22°), nebo D07 (26°). Směrový úhel se odvíjí od poloměru oblouku, tedy můžeme říci dle návrhové rychlosti komunikace. Zatímco silnice III. třídy mají mnohdy směrové úhly kolem 90° při velmi malých poloměrech, silnice I. třídy s většími poloměry mívají menší směrové úhly.

Zároveň je nutné zdůraznit, že vozidla mohou oblouky projet samozřejmě vyšší rychlostí. Rychlosti v tabulce, které jsou následně použity, jsou rychlosti průměrná, resp. 85%. Maximální naměřené hodnoty jsou u každého oblouku uvedeny (kap. 4) a je z nich odvozeno i teoretické maximální tření, kterého bylo dosaženo.



Graf: 44 Závislost rychlosti $V_{85\%}$ na poloměru

V grafu 44 vidíme, jak vypadá závislost rychlostí na poloměru oblouku. Nutno říct, že každý oblouk má různý příčný sklon a zajisté také odlišné protismykové vlastnosti povrchu vozovky, proto není zcela možné říci, že tento graf reálně odpovídá rychlostem při daných poloměrech.

Protože v grafu 44 jsou uvedeny hodnoty poloměrů, které mají ale různé dostředné sklony, další krok pro skutečnější porovnání oblouků a získání reálnějších hodnot prokládané křivky, je převedení naměřených rychlostí při naměřených sklonech na teoretické rychlosti, jaké by byli při sklonech (2,5 %, 3,5 %, 5 %, 7 %) v obloucích. Vycházel jsem ze vzorce pro výpočet minimálního poloměru tak, jak to udává norma ČSN i ostatní zahraniční normy, které jsem měl možnost prozkoumat.

$$R \geq \frac{v^2}{127 \cdot (f + 0,01 \cdot p)} \quad (22)$$

Do tohoto vzorce známe z měření poloměr, rychlost a dostředný sklon. Po úpravě vzorce jsem nejprve dopočítal pro každý oblouk specifickou hodnotu příčného tření.

$$f = \frac{v^2}{127 \cdot R} - (0,01 \cdot p) \quad (23)$$

Pro zajímavost uvedu, že hodnoty koeficientu příčného tření se pohybovali mezi 0,07 – 0,34. Tyto hodnoty odpovídají tření pro rychlost 85 %. Při dosazení maximálních rychlostí se hodnoty tření pohybují mezi 0,15 – 0,70. Tudiž můžeme prohlásit, že tření pro 85% rychlost jsou hodnoty při dostatečném komfortu na vozovce. Navíc nutno dodat, že i hodnoty tření při maximálních rychlostech nejsou limitní hodnoty příčného tření, protože vozidla se samozřejmě mohla pohybovat ještě rychleji.

Je potřeba ale říci, že tyto hodnoty jsou spíše odhadované. Vycházíme z toho, že jediné co mělo vliv na rychlost vozidel, je dostředný sklon a příčné tření, což samozřejmě není pravda. Pro naši potřebu můžeme ale říct, že jsou tyto hodnoty dostačující.

Dalším krokem je výpočet hodnot rychlostí pro daný dostředný sklon. Zvolíme tedy hodnotu dostředného sklonu (počítáno pro 2,5 %, 3,5 %, 5 % a 7 %). Vzorec potom bude mít tvar

$$V = \sqrt{127 \cdot R \cdot (f + 0,01 \cdot p)} \quad (24)$$

kdy za proměnnou p bude dosazena vždy hodnota dostředného sklonu.

Pro názornost zde uvedu příklad. Oblouk s označením A01 má poloměr 300 m, příčný sklon v něm byl naměřen 0,5 %. Naměřená rychlost $V_{85\%}$ byla ve vrcholu oblouk 90 km/h. Z těchto hodnot vypočteme hodnotu příčného tření, které je 0,21. Poté dosadíme hodnoty dostředných sklonů a dostaneme následnou tabulku:

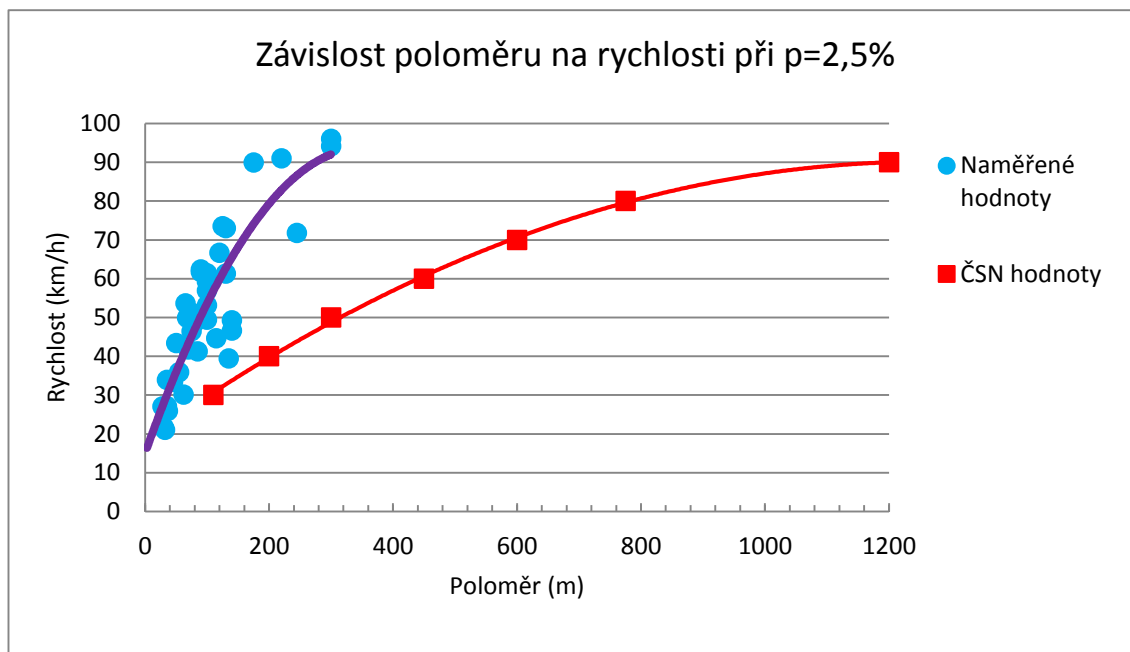
$f = 0,21$	2,5%	3,5%	5,0%	7,0%
V (km/h)	94,1	96,1	99,1	102,8

Tab. 59: $V_{85\%}$ v oblouku pro různé dostředné sklony

Opět nutno zdůraznit, že tyto hodnoty jsou teoretické a vychází z toho, že řidič pokud bude projíždět obloukem o větším dostředném sklon, může při stejné bezpečnosti jet vyšší rychlostí. Navíc z tabulky 59 můžeme velmi dobře pozorovat, že i když zvýšíme hodnoty příčného sklonu téměř 3x, teoretická rychlost se zvýší jen o necelých 10 km/h.

Výsledky z tohoto měření nám dávají dobrou představu, jaký má tedy vliv dostředný sklon na rychlost vozidla v oblouku. Je potřeba ale říci, že měření dostředného sklonu je velice složité a nepřesné. Při měření byla používána vodováha o délce 1m. Vzhledem ke stavu většiny komunikací, výtlukům, nerovnostem na povrchu vozovky nebo vyjetým kolejím, je ale možné (a velice pravděpodobné), že měření příčných sklonů nebylo přesné a uváděné hodnoty se mohou lišit od skutečných. Navíc na po roky pojížděném krytu, jsou často v jednom profilu vozovky různé hodnoty dostředného sklonu, tudíž potom jsou hodnoty brány jako jakýsi průměr. Pro přesné měření by bylo potřeba měřit jen na vozovkách s novým a zcela rovným krytem.

V grafu 45 můžeme vidět naměřené hodnoty, upravené dle předchozího postupu na dostředný sklon 2,5 %, a z nich vychází křivku v porovnání s křivkou dle ČSN.



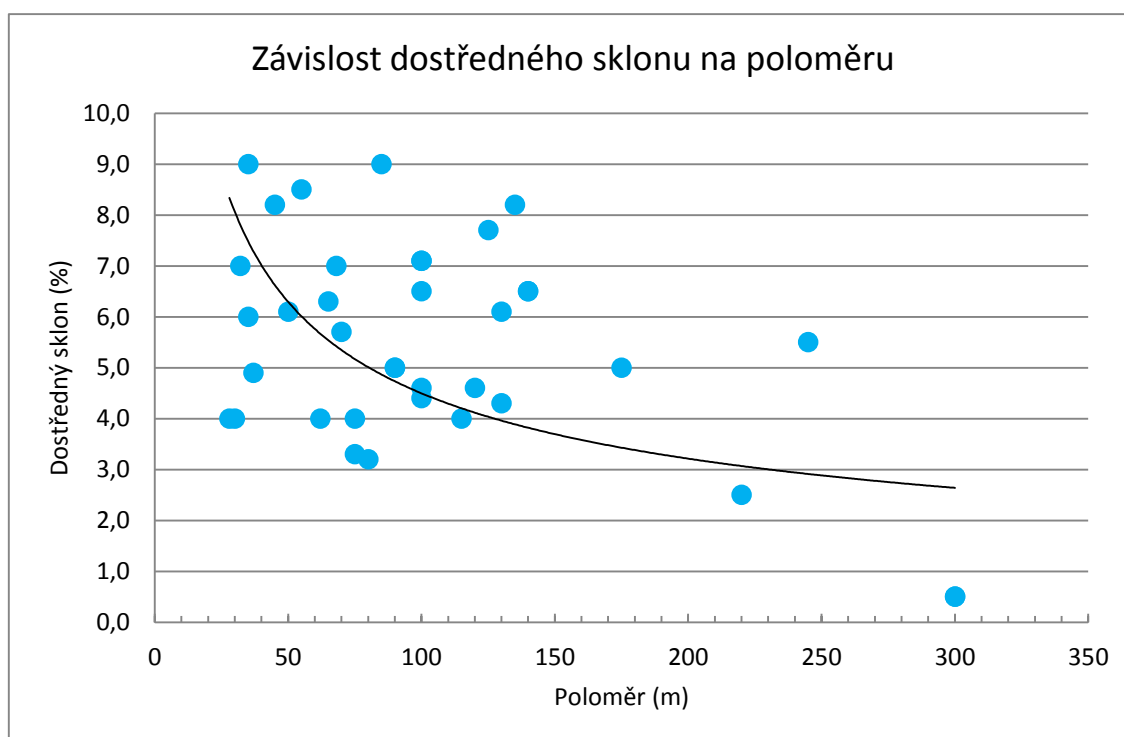
V tabulce 60 jsou uvedeny minimální poloměry směrových oblouků tak, jak byly vyhodnoceny z naměřených údajů, případně hodnoty, které byly na základě měření dopočítány (viz postup dříve). Směrodatná rychlost je brána jako 85% rychlost.

Tabulka minimálních poloměrů dle měření											
		Dostředný sklon [%]									
		2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9
Směrodatná rychlost [km/h]	90	270	270	250	250	240	230	225	210	200	200
	80	205	190	190	185	180	180	175	170	165	160
	70	160	150	150	150	145	140	140	135	130	125
	60	130	130	125	120	115	110	105	100	100	95
	50	90	90	85	80	80	80	80	75	75	70
	40	60	60	60	60	55	55	50	50	50	50
	30	35	35	35	35	35	35	30	30	30	30

Tab. 60: Minimální poloměry dle měření

5.2 Závislost příčného sklonu na poloměru

Hodnoty příčného sklonu v závislosti na parametru je velice obtížné posuzovat. Každý oblouk je specifický a dle normy má předepsanou pouze minimální hodnotu dostředného sklonu, případně maximální hodnotu výsledného sklonu. Použití vyšší hodnoty dostředného sklonu je případně na projektantovi. Tudiž můžeme říct, že, pokud nebereme v potaz tabulku poloměrů dle ČSN (tabulka 4) podle které se běžně navrhují oblouky, žádná souvislost mezi naměřenými hodnotami příčného sklonu a poloměrem oblouku není. Lze tedy jen obecně říct, že na uvedených naměřených obloucích malých poloměrů se často vyskytují sklony i kolem 7 - 9 %, kdežto u oblouků větších poloměrů (v tomto případě hodnoty kolem 250 m) jsou nižší a pohybují se okolo 2,5 %.

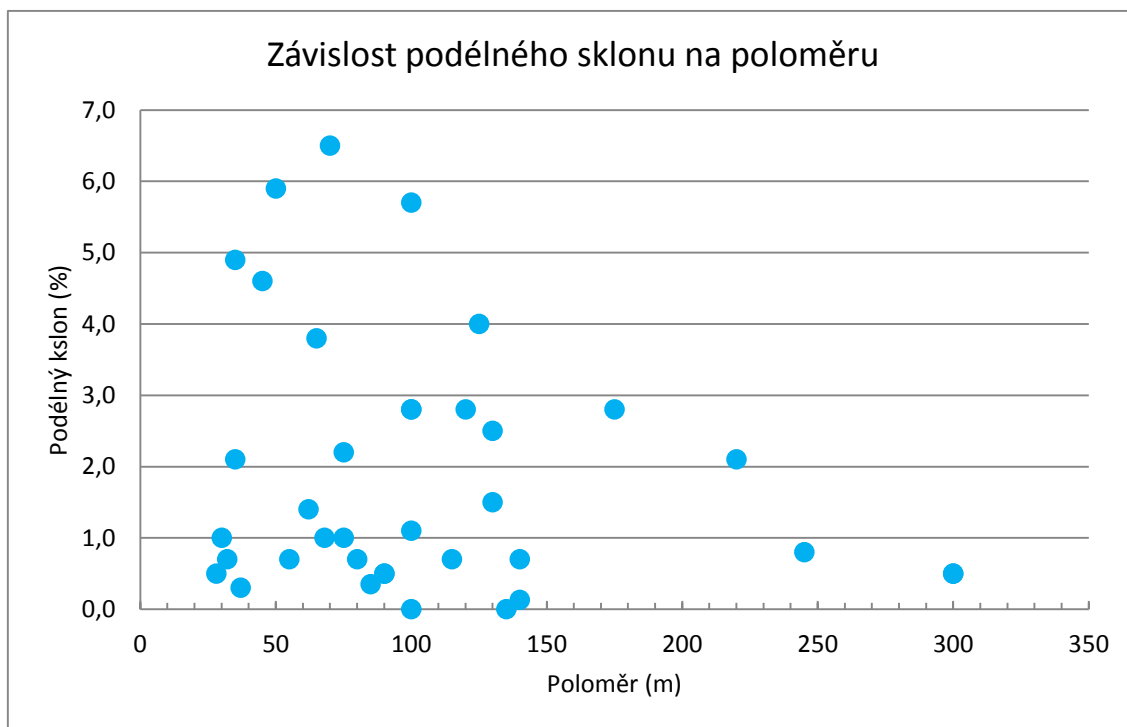


Graf: 46

Závislost dostředného sklonu na poloměru

5.3 Závislost podélného sklonu na poloměru

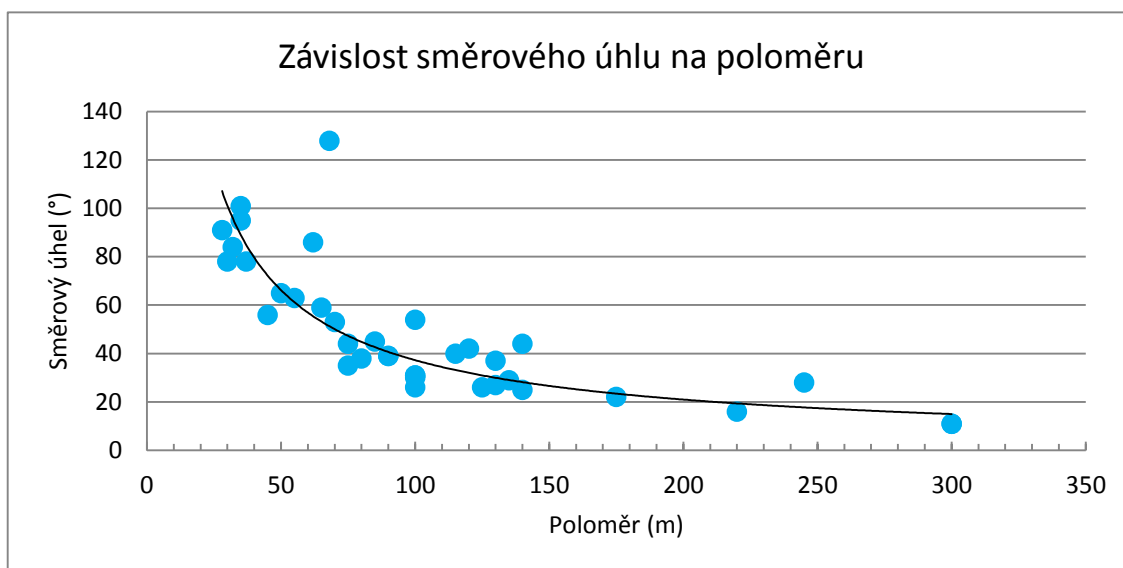
Souvislost podélného sklonu a poloměru jde hledat jen velmi těžce. Pro představu uvádím graf závislosti, kde můžeme vidět, že v malých poloměrech je velká variabilita i pro použití vysokých hodnot podélného sklonu. Prvotní výběr oblouků byl založen na tom, aby vozidla pokud možno nebyla příliš velkým podélným sklonem ovlivněna. Následně byly vybrány i oblouky při větším podélném sklonu (více než 3,5 %), pro porovnání, jaký má podélný sklon vliv na rychlosti.



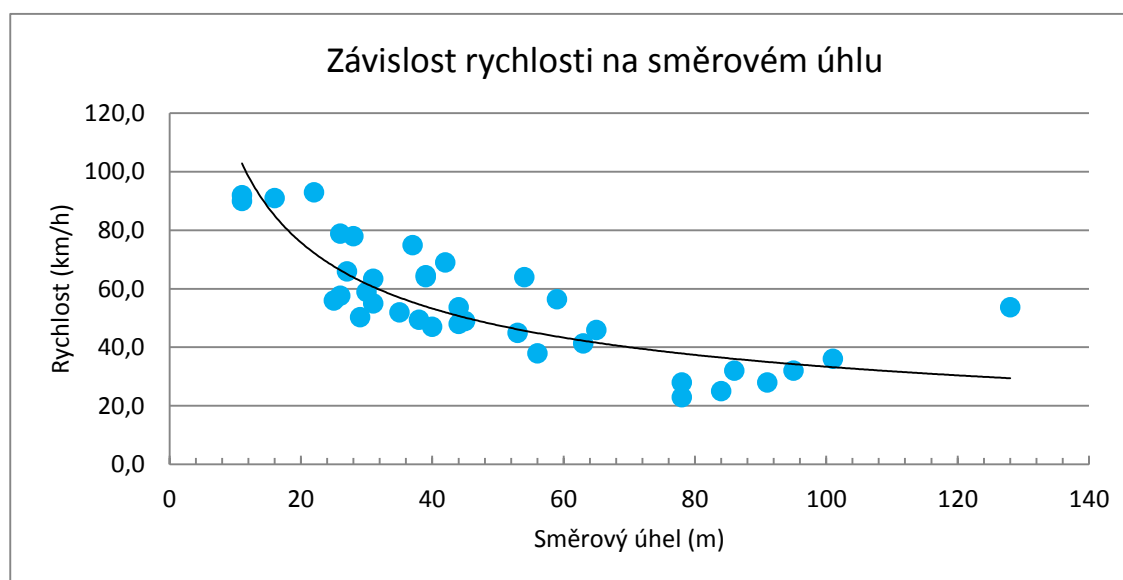
Graf: 47 Závislost podélného sklonu na poloměru

5.4 Závislost směrového úhlu na poloměru

Jak bylo zmíněno již výše, určitá závislost směrového úhlu na poloměru existuje. Odvíjí se to především od typu komunikace. Na silnicích s nižší návrhovou rychlostí není nouze o oblouky, které mají velmi malé poloměry a směrové úhly někdy i překračující pravý úhel. Kdežto např. na silnicích I. třídy či vyšších komunikacích, jsou používány, i kvůli záboru půdy, spíše oblouky s menšími směrovými úhly. Zároveň jak již bylo zmíněno, směrový úhel má, minimálně z hlediska psychologie na řidiče, velký vliv.



Graf: 48 Závislost směrového úhlu na poloměru



Graf: 49 Závislost rychlosti na směrovém úhlu

5.5 Porovnání hodnot s ČSN normou

Jak již bylo zmíněno v kapitole 2, oblouky se mohou navrhovat buď jako kružnicové, nebo jako oblouky s přechodnicí. Nejprve by mělo být řečeno, že oblouky z měření byly zpracovány jako čistě kružnicové, to ale neznamená, že tomu tak skutečně je. Proložení oblouků i s přechodnicemi by bylo jen z výřezu mapy velmi složité. Dále je nutné říci, že především oblouky o malých poloměrech na komunikacích II. a III. tříd jsou řešeny jako čistě kružnicové oblouky, i když zdaleka nevyhovují dnešním požadavkům normy, která uvádí, že minimální poloměr pro nově budované bezpřechodnicové oblouky musí být 800m.

Pokud vezmeme naměřené hodnoty a porovnáme je s hodnotami pro čistě kružnicové oblouky (kap 2.4.5), i pokud nebudeme brát v úvahu podmínku minimálního poloměru, zjistíme, že reálné dosahované rychlosti jsou mnohonásobně větší, než by měli být dle normy. Pro představu uvedu dva oblouky. Oblouk s nejmenším poloměrem je 28 m a z výsledků měření vyplývá, že 85 % rychlost je 28 km/h. Podle normy by takovéto rychlosti měli vozidla dosahovat při oblouku o poloměru 294 m. Při opačném postupu můžeme říci, že při poloměru 28 m by měla vozidla mít rychlost 8,6 km/h. Naopak největší oblouk o poloměru 300 m má naměřenou rychlost 90 km/h (resp. 92 km/h při druhém měření). Pro takovou rychlost by musel mít oblouk dle vztahu poloměr alespoň 3038 m. Naopak poloměru 300 m odpovídá rychlost 28,3 km/h.

Pokud bychom porovnávali se vzorcem (kap. 2.4.3) ze kterého vychází tabulka 4, zjistíme, že kromě rychlosti, je velmi důležitý parametr, který ovlivňuje výpočet, dostředný sklon oblouku. Pro malé poloměry, kde byl dostředný sklon větší (např. 7 %), můžeme zjistit, že poloměr pro naměřenou rychlost dle výpočtu téměř odpovídá naměřenému poloměru. Pro příklad při poloměru oblouku 85 m a dostředném sklonu 9,0% je naměřená rychlost 49,0 km/h. Této rychlosti a sklonu dle vzorce odpovídá poloměr 80 m. Na druhou stranu, pokud při velkých poloměrech a vysokých dosahovaných rychlostech, má oblouk velmi malý dostředný sklon, znamená to poloměr o obrovských hodnotách. Např. již zmíněný oblouk s poloměrem 300 m a rychlostí 90 km/h, by v případě dostředného sklonu 0,5% (naměřený) musel dle normy pro tuto rychlost a sklon mít poloměr alespoň 5832 m.

Nakonec ještě zbývá porovnání se vzorcem z kap. 2.4.2. Do tohoto vzorce vstupuje velmi důležitý parametr a tím je součinitel příčného tření. Hodnoty používané v zahraničí, jsou uvedeny v kapitole 3. Hodnoty pro českou normu odpovídající tabulce 4, jsou vypsány v tabulce 6. Pokud budeme brát hodnoty součinitele tření dopočítané právě z tohoto vzorce, (např. pro poloměr 100 m, rychlost 55 km/h, příčný sklon 7,1 %, vyjde součinitel příčného tření 0,17. Pokud bychom ale brali jako nejhorší možný součinitel tření hodnotu 0,1, která by měla odpovídat kontaktu pneumatiky s ledem a i dle zahraničních norem je tato hodnota nejnižší užívaná, byl by potřebný poloměr při zachované rychlosti a dostředném sklonu 139 m. Lze tedy říct, že v ČSN normě jsou tak vysoké hodnoty poloměrů oblouků z důvodu velmi nízkých hodnot příčného tření.

Jak můžeme tedy z porovnání vidět, hodnoty dle normy jsou velmi předimenzované. To má nespornou výhodu v bezpečnosti a komfortu řidiče a posádky vozidla, na druhou stranu to může být spojeno s ne hospodárností a zvýšenými náklady při navrhování komunikací. Pokud vezmeme v potaz, že dle naší normy mají oblouky takovou rezervu, jaká byla dokázána z porovnání se zahraničními normami a z měření, je tu prostor pro návrh nového řešení, jakým by mohlo být postupováno při navrhování velikosti směrových oblouků.

Tabulka minimálních poloměrů											
		Dostředný sklon [%]									
		2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9
Směrodatná rychlost [km/h]	90	1200	1000	850	750	650	600	550	500		
		270	270	250	250	240	230	225	210	200	200
	80	775	650	550	500	450	400	350	325		
		205	190	190	185	180	180	175	170	165	160
	70	600	500	425	375	330	300	270	250		
		160	150	150	150	145	140	140	135	130	125
	60	450	375	325	270	240	220	200	180	170	
		130	130	125	120	115	110	105	100	100	95
	50	300	250	220	190	170	150	140	125	120	110
		90	90	85	80	80	80	80	75	75	70
	40	200	160	140	120	110	100	90	80	75	70
		60	60	60	60	55	55	50	50	50	50
	30	110	90	80	70	60	55	50	45	40	35
		35	35	35	35	35	35	30	30	30	30

Tab. 61: Porovnání minimálních poloměrů dle měření a ČSN

Tabulka 61 je přehledem tabulek 4 a 60. Je zde přesně porovnáno, s jakými návrhovými hodnotami se uvažuje dnes při projektování komunikací v extravilánu (první řádky) a hodnoty, které byly naměřeny nebo dopočítány pomocí postupu v kapitole 5.1.

Z tabulky můžeme vyčíst, že při malých návrhových rychlostech a velkých dostředných sklonech se hodnoty z měření a z normy liší jen nepatrně. Kdežto při vysokých návrhových rychlostech a malých dostředných sklonech je rozdíl hodnot i několikanásobný.

6 ZÁVĚR

V úvodu práce byly vysvětleny podmínky a parametry pro návrh směrových oblouků a základní fyzikální vztahy, které se při navrhování uvažují. Další část práce obsahovala rešerši zahraničních norem, při které bylo za úkol zjistit, jaký je princip návrhu a co jsou klíčové prvky pro návrh směrových řešení v zahraničí. Bylo zjištěno, že teorie návrhu oblouků, vycházející z fyzikálního zákona, je prakticky ve všech zemích stejná a liší se pouze typem rychlosti, která se používá (často směrodatná jako 85% rychlost, která je bližší skutečné rychlosti dosahované na komunikaci) a hodnotami příčného tření v různých zemích. Na to byla v této části zaměřena pozornost a byly vyhledány co nejpřesnější hodnoty u vybraných zemí, které jsou poté porovnávány s českou normou. Zároveň je v praktické části dokázáno, že skutečné hodnoty příčného tření na vozovce jsou vyšší než hodnoty uváděné v normě.

Praktická část se potom zabývala tím, jaká je skutečná rychlost, kterou vozidla projíždějí směrové oblouky o různých parametrech, jako je poloměr, dostředný sklon nebo směrový úhel. Z měření, které bylo provedeno na 35 různých obloucích, byla vyhodnocena data, z kterých byla následně sestavena tabulka závislosti poloměrů na rychlosti. Pro přiblížení ke skutečným hodnotám dosahovaným vozidly na vozovce, byla zvolena jako primární rychlost 85% rychlost všech vozidel na suché vozovce. Při následném porovnání s českou normou je vidět, že hodnoty naměřené a normové jsou často i mnohonásobně rozdílné. To jenom dokazuje úvodní myšlenku práce, že hodnoty v normě jsou značně nadhodnocené.

Cílem práce bylo tedy pokusit se jak na základě studie dostupných cizích norem, tak na základě praktického měření navrhnout nové hodnoty pro návrh směrových oblouků v extravilánu pro směrově nerozdělené komunikace při rychlostech do 90 km/h.

Na základě rešerše cizích norem bylo zjištěno, že požadavky na minimální poloměr směrového oblouku jsou v České republice mnohem přísnější než ve zjišťovaných cizích zemích. Např. v blízkém Německu či Švýcarsku je pro rychlost 90 km/h poloměr 310 m (resp. 330 m), kdežto ČSN norma udává hodnotu 500 m. Obdobně to platí pro nižší rychlosti, při vyšších rychlostech okolo 120 km/h se hodnoty již více

přibližují. Obecně lze říci, že návrhové hodnoty užívané v cizích zemích oproti ČR jsou přibližně dvoutřetinové. To je způsobeno především hodnotami tření, které jsou v České republice nastaveny na velmi nízkých hodnotách.

Při měření rychlostí vozidel bylo potvrzeno, že vozidla se pohybují často zcela odlišnou rychlostí, než je rychlost návrhová nebo směrodatná. Např. při oblouku o poloměru 300 m bylo zjištěno, že 85% rychlost je 90 km/h. Dle normy je ale rychlost pro tento poloměr 48 km/h. Stejně tak můžeme říct, že například naměřené rychlosti 64 km/h na poloměru 90 m, by dle normy odpovídal poloměr 250 m pro naměřený příčný sklon. Obdobně je tomu i u oblouků velmi malých poloměrů, kde ale hodnoty nedosahují takových rozdílů. Poloměru 30 m a rychlosti 23 km/h by dle normy odpovídal poloměr 40 m resp. rychlost 20 km/h.

Důležitým faktem zjištěným při měření bylo, že u zdánlivě malých poloměrů (i hodnoty kolem 200 m) a malých směrových úhlech (přibližně po hodnotu 25°) vozidla při průjezdu oblouku téměř nezpomalují a řidiči tento úsek spíše než jako oblouk vnímají jako úsek přímý. To bylo dokázáno měřením na obloucích A01, A05 či A08. Např. oblouk A08 (silnice I/54) má poloměr 175 m a směrový úhel 22° a ve vrcholu oblouku bylo naměřena 85% rychlost o hodnotě 93 km/h.

Je nutné zdůraznit, že všechny dopočítané hodnoty jsou brány také na základě naměřeného příčného sklonu, který na značně deformovaných krytech vozovek je velmi obtížné měřit. Přesto je tato práce důkazem, že hodnoty hlavních návrhových prvků pro navrhování směrového řešení pozemních komunikací v extravilánu, především pak směrové oblouky, vycházející z normy ČSN 73 6101, jsou velmi předimenzované, což sice zvyšuje bezpečnost a komfort posádky vozidla, na druhou stranu přináší obtíže při návrhu vozovky jak po stránce projekce, tak financí.

7 SEZNAM LITERATURY

- [1] ČSN 73 6100 -1 – *Názvosloví silničních komunikací*. 1. vydání. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2008.
- [2] ČSN 73 6101 – *Projektování silnic a dálnic*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2004.
- [3] HOLCNER, P. *Pozemní komunikace I – Modul M02*. 1. vydání. VUT v Brně, 2005.
- [4] ČSN 73 6177, *Měření a hodnocení protismykových vlastností povrchů vozovek*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha 2009
- [5] *Rules for roads and paths in rural areas*. Danish Road directorate, Dánsko, 2000
- [6] *Speed management in urban areas*. Danish Road directorate, Dánsko, 1999
- [7] *Design manual for roads and bridges*. Highways agency, Anglie, 2010
- [8] *Interim advice note on road link design for roads*. National roads authority, Anglie, 2006
- [9] *ICTAAL National instruction on technical design requirements for rural motorways*. Directorate of roads, Francie, 2000
- [10] *Guidelines for the design of motorways*, Road and transportation research association, Německo, 2011
- [11] *Highway safety manual*. AASHTO, USA, 2010
- [12] *Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*. Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, Itálie, 2001
- [13] *La progettazione di strade e di intersezioni*. Università Degli studi di Udine, Itálie, 2006
- [14] *A policy on geometric design of highways and streets*. AASHTO, USA, 2001

- [15] *Road planning and design manual*. Department of Main Roads, Queensland, 2004
- [16] *Road design english summary*. Swedish national road administration, Švédsko, 2010
- [17] Design manual [online]. 2014 [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <http://www.in.gov/indot/design_manual/files/Ch43_2012.pdf>.
- [18] Safety effects of road design [online]. 2014 [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec003/ch39.pdf>>.
- [19] Certainty in highway design [online]. 2014 [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <<https://comparativegeometrics.wordpress.com/2014/05/09/certainty-in-highway-design/>>.
- [20] Superelevation distributions methods [online]. 2014 [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <<https://books.google.cz/books?id=iE3wFBb2b6EC&pg=PA34&lpg=PA34&dq>>.
- [21] Review of international design speed [online]. 2014 [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec003/ch5.pdf>>.
- [22] Roadsforwater [online]. 2014 [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <<http://roadsforwater.org/wp-content/uploads/2013/10/Richard-Robinson-Bent-Thagesen-Road-Engineering-for-Development-2004.pdf>>.
- [23] Mapy.cz [online]. 2014 [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <<http://www.mapy.cz/>>.
- [24] Součinitel tření [online]. 2014 [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <<http://kabinet.fyzika.net/studium/tabulky/smykove-treni.php>>.
- [25] Dopravní průzkumy [online]. 2014 [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <<http://www.af-cityplan.cz/pruzkumy.html>>.

8 SEZNAM ZKRATEK

ČSN	Česká technická norma
V	Rychlost vozidla [km/h]
V _n	Rychlost návrhová [km/h]
V _s	Rychlost směrodatná [km/h]
V ₈₅	Rychlost 85% vozidel [km/h]
V _{max}	Rychlost maximální [km/h]
R	Poloměr oblouku [m]
R _o	Poloměr kružnicového oblouku [m]
R _{min}	Minimální poloměr oblouku [m]
f	Součinitel tření
f _{max}	Maximální součinitel tření
m	Vlastní hmotnost [kg]
g	Tíhové zrychlení [m/s ²]
h	Výška těžiště vozidla [m]
b	Rozchod kol vozidla [m]
α	Směrový úhel [°, °]
p	Příčný sklon [%]
s	Podélný sklon [%]

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1:	Působení sil při průjezdu vozidla obloukem [3].....	- 17 -
Obr. 2:	Algoritmus pro filtraci údajů.....	- 37 -
Obr. 3:	Údaje převedené do MS Excel.....	- 38 -
Obr. 4:	Filtrování hodnot.....	- 38 -
Obr. 5:	Prověřované oblouky	- 39 -
Obr. 6:	Označování oblouků.....	- 40 -
Obr. 7:	A01 - Ortofotomapa	- 42 -
Obr. 8:	A02 - Ortofotomapa	- 45 -
Obr. 9:	A03 - Ortofotomapa	- 48 -
Obr. 10:	A04 - Ortofotomapa	- 50 -
Obr. 11:	A05 - Ortofotomapa	- 52 -
Obr. 12:	A06 - Ortofotomapa	- 54 -
Obr. 13:	A07 – Ortofotomapa.....	- 56 -
Obr. 14:	A08 - Ortofotomapa	- 58 -
Obr. 15:	A09 - Ortofotomapa	- 60 -
Obr. 16:	B01 - Ortofotomapa.....	- 62 -
Obr. 17:	B02 – Ortofotomapa	- 64 -
Obr. 18:	B03 - Ortofotomapa.....	- 66 -
Obr. 20:	C01 - Ortofotomapa.....	- 68 -
Obr. 21:	C02 - Ortofotomapa.....	- 70 -
Obr. 22:	C03 – Ortofotomapa	- 72 -
Obr. 23:	C04 – Ortofotomapa.....	- 74 -
Obr. 24:	C05 – Ortofotomapa.....	- 76 -
Obr. 25:	C06 – Ortofotomapa.....	- 78 -
Obr. 26:	C07 – Ortofotomapa.....	- 80 -
Obr. 27:	C08 – Ortofotomapa.....	- 82 -
Obr. 28:	C09 – Ortofotomapa.....	- 84 -
Obr. 30:	C10 – Ortofotomapa.....	- 86 -
Obr. 31:	C11 – Ortofotomapa.....	- 88 -
Obr. 32:	C12 – Ortofotomapa.....	- 90 -
Obr. 33:	D01 – Ortofotomapa.....	- 92 -

Obr. 34:	D02 - Ortofotomapa	- 94 -
Obr. 35:	D03 - Ortofotomapa	- 96 -
Obr. 36:	D04 - Ortofotomapa	- 98 -
Obr. 37:	D05 - Ortofotomapa	- 100 -
Obr. 38:	D06 - Ortofotomapa	- 102 -
Obr. 39:	D07 - Ortofotomapa	- 104 -
Obr. 40:	A10 - Ortofotomapa	- 106 -
Obr. 41:	A11 - Ortofotomapa	- 108 -
Obr. 42:	A12 - Ortofotomapa	- 110 -
Obr. 43:	A13 - Ortofotomapa	- 112 -

10 SEZNAM TABULEK

Tab. 1:	Návrhové rychlosti v závislosti na typu komunikace [2]	- 13 -
Tab. 2:	Směrodatná rychlost - směrově nerozdělené komunikace [2]	- 14 -
Tab. 3:	Směrodatná rychlost - směrově rozdělené komunikace [2]	- 14 -
Tab. 4:	Nejmenší dovolené poloměry směrových oblouků [2]	- 15 -
Tab. 5:	Hodnoty F_p [4]	- 21 -
Tab. 6:	Minimální poloměry a příslušné hodnoty tření	- 22 -
Tab. 7:	Maximální hodnoty příčného tření v závislosti na návrhové rychlosti [15]	- 27 -
Tab. 8:	Minimální poloměry dle australské normy [15]	- 28 -
Tab. 9:	Minimální poloměry dle americké normy [14]	- 29 -
Tab. 10:	Hodnoty koeficientu příčného tření dle italské normy [13]	- 30 -
Tab. 11:	Minimální poloměr v závislosti na rychlosti v Itálii [12]	- 30 -
Tab. 12:	Předpokládané rychlosti v obloucích dle italské normy [13]	- 31 -
Tab. 13:	Minimální poloměry v Německu [19]	- 31 -
Tab. 14:	Minimální poloměry ve Švýcarsku [19]	- 31 -
Tab. 15:	Minimální poloměry ve Švédsku [16]	- 31 -
Tab. 16:	Minimální poloměry ve Velké Británii [7]	- 32 -
Tab. 17:	Přehled poloměrů v evropských zemích	- 33 -
Tab. 18:	Přehled maximálních poloměrů v evropských zemích	- 35 -
Tab. 19:	Poměr hodnot mezi cizími normami a čsn	- 35 -
Tab. 20:	Seznam vybraných oblouků	- 41 -
Tab. 21:	A01 - rychlosti	- 43 -
Tab. 22:	A01 – rychlosti (2. měření)	- 44 -
Tab. 23:	A02 - rychlosti	- 46 -
Tab. 24:	A02 – rychlosti (2. měření)	- 47 -
Tab. 25:	A03 - rychlosti	- 49 -
Tab. 26:	A04 - rychlosti	- 51 -
Tab. 27:	A05 - rychlosti	- 52 -
Tab. 28:	A06 - rychlosti	- 55 -
Tab. 29:	A07 – rychlosti	- 56 -
Tab. 30:	A08 – rychlosti	- 58 -
Tab. 31:	A09 - rychlosti	- 61 -
Tab. 32:	B01 – rychlosti	- 62 -
Tab. 33:	B02 – rychlosti	- 64 -
Tab. 34:	B03 – rychlosti	- 66 -
Tab. 35:	C01 – rychlosti	- 68 -

Tab. 36:	C02 – rychlosti	- 70 -
Tab. 37:	C03 – rychlosti	- 72 -
Tab. 38:	C04 – rychlosti	- 75 -
Tab. 39:	C05 – rychlosti	- 76 -
Tab. 40:	C06 – rychlosti	- 78 -
Tab. 41:	C07 – rychlosti	- 80 -
Tab. 42:	C08 – rychlosti	- 82 -
Tab. 43:	C09 – rychlosti	- 84 -
Tab. 44:	C10 – rychlosti	- 86 -
Tab. 45:	C11 – rychlosti	- 89 -
Tab. 46:	C12 – rychlosti	- 90 -
Tab. 47:	D01 – rychlosti	- 92 -
Tab. 48:	D02 – rychlosti	- 94 -
Tab. 49:	D03 – rychlosti	- 97 -
Tab. 50:	D04 – rychlosti	- 98 -
Tab. 51:	D05 – rychlosti	- 100 -
Tab. 52:	D06 – rychlosti	- 102 -
Tab. 53:	D07 – rychlosti	- 104 -
Tab. 54:	A10 – rychlosti	- 106 -
Tab. 55:	A11 – rychlosti	- 108 -
Tab. 56:	A12 – rychlosti	- 110 -
Tab. 57:	A13 – rychlosti	- 112 -
Tab. 58:	Přehled naměřených oblouků	- 114 -
Tab. 59:	$V_{85\%}$ v oblouku pro různé dostředné sklony	- 117 -
Tab. 60:	Minimální poloměry dle měření	- 118 -
Tab. 61:	Porovnání minimálních poloměrů dle měření a ČSN	- 123 -

11 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1:	Poloměry pro $p = 2,5 \%$	- 23 -
Graf 2:	Závislost poloměru na příčném sklonu	- 23 -
Graf 3:	Závislost tření na příčném sklonu	- 24 -
Graf 4:	Minimální poloměry různých zemí Evropy	- 33 -
Graf 5:	Minimální poloměry v různých zemích při daném sklonu a f	- 34 -
Graf 6:	Příčné tření v různých zemích	- 34 -
Graf 7:	A01 – průběh rychlosti.....	- 43 -
Graf 8:	A01 – průběh rychlosti (2. měření)	- 44 -
Graf 9:	A02 – průběh rychlostí.....	- 46 -
Graf 10:	A02 – průběh rychlostí (2. měření)	- 47 -
Graf 11:	A03 – průběh rychlostí	- 49 -
Graf 12:	A04 – průběh rychlostí	- 51 -
Graf 13:	A05 – průběh rychlostí	- 53 -
Graf 14:	A06 – průběh rychlostí	- 55 -
Graf 15:	A07 – průběh rychlostí	- 57 -
Graf 16:	A08 – průběh rychlostí	- 59 -
Graf 17:	A09 – průběh rychlostí	- 61 -
Graf 18:	B01 – průběh rychlostí	- 63 -
Graf 19:	B02 – průběh rychlostí	- 65 -
Graf 20:	B03 – průběh rychlostí	- 67 -
Graf 21:	C01 – průběh rychlostí	- 69 -
Graf 22:	C02 – průběh rychlostí	- 71 -
Graf 23:	C03 – průběh rychlostí	- 73 -
Graf 24:	C04 – průběh rychlostí	- 75 -
Graf 25:	C05 – průběh rychlostí	- 77 -
Graf 26:	C06 – průběh rychlostí	- 79 -
Graf 27:	C07 – průběh rychlostí	- 81 -
Graf 28:	C08 – průběh rychlostí	- 83 -
Graf 29:	C09 – průběh rychlostí	- 85 -
Graf 30:	C10 – průběh rychlostí	- 87 -
Graf 31:	C11 – průběh rychlostí	- 89 -

Graf 32:	C12 – průběh rychlostí	- 91 -
Graf 33:	D01 – průběh rychlostí	- 93 -
Graf 34:	D02 – průběh rychlostí	- 95 -
Graf 35:	D03 – průběh rychlostí	- 97 -
Graf 36:	D04 – průběh rychlostí	- 99 -
Graf 37:	D05 – průběh rychlostí	- 101 -
Graf 38:	D06 – průběh rychlostí	- 103 -
Graf 39:	D07 – průběh rychlostí	- 105 -
Graf 40:	A10 – průběh rychlostí	- 107 -
Graf 41:	A11 – průběh rychlostí	- 109 -
Graf 42:	A12 – průběh rychlostí	- 111 -
Graf 43:	A13 – průběh rychlostí	- 113 -
Graf 44:	Závislost rychlosti $V_{85\%}$ na poloměru	- 115 -
Graf 45:	Závislost poloměru na rychlosti při $p = 2,5 \%$	- 118 -
Graf 46:	Závislost dostředného sklonu na poloměru	- 119 -
Graf 47:	Závislost podélného sklonu na poloměru	- 120 -
Graf 48:	Závislost směrového úhlu na poloměru	- 121 -
Graf 49:	Závislost rychlosti na směrovém úhlu	- 121 -